



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones”

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Título del proyecto:

ESTUDIO Y DISEÑO DE UN ANILLO DE FIBRA ÓPTICA PARA INTERCONECTAR Y PROTEGER A VARIAS CENTRALES Y REPETIDORA DE LA CNT EP CHIMBORAZO, PARA BRINDAR SERVICIOS DE DATOS DE ALTA VELOCIDAD Y TRIPPLE PLAY

Autor:

GUSQUI ECHEVERRÍA KLÉVER GONZALO

Director:

Ing. MARCO NOLIVOS

Riobamba – Ecuador

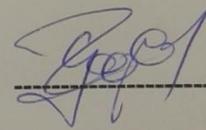
2017

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **ESTUDIO Y DISEÑO DE UN ANILLO DE FIBRA ÓPTICA PARA INTERCONECTAR Y PROTEGER A VARIAS CENTRALES Y REPETIDORAS DE LA CNT EP CHIMBORAZO, PARA BRINDAR SERVICIOS DE DATOS DE ALTA VELOCIDAD Y TRIPPLE PLAY**, presentado por: **Kléver Gonzalo Gusqui Echeverría** y dirigida por: **Ingeniero Marco Nolivos**.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

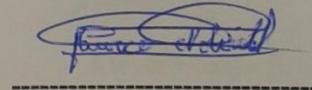
Ing. Geovanny Cuzco



Presidente del Tribunal

Firma

Ing. Marco Nolivos



Director de Tesis

Firma

Ing. Deysi Inca

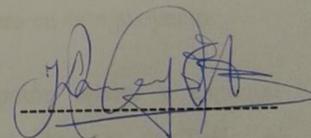


Miembro del Tribunal

Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, corresponde exclusivamente a: **Kléver Gonzalo Gusqui Echeverría e Ingeniero Marco Nolivos** y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Kléver Gusqui E.

CI: 060357794-1

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado la vida, protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar los diferentes obstáculos y las dificultades a lo largo de toda mi vida.

De manera muy especial a mis padres, para seguir adelante en el convivir diario y por inculcarme valores que de una u otra forma me han servido en la vida, gracias por eso y por muchos más, también a todas las personas que creyeron en mí y que me han ayudado de una u otra manera en este proyecto.

Una mención aparte y especial merece el Director de Tesis, el Ingeniero Marco Nolvos quien supo guiarme y darme una mano a lo largo de la investigación.

Kléver Gusqui E.

DEDICATORIA

A Dios, creador de todas las cosas, el que me ha dado la fortaleza para continuar cuando he estado a punto de caer, por eso con toda la humildad de mi corazón dedico primeramente mi trabajo a Dios.

Cabe mencionar que este proyecto final representa la meta que he logrado concluir con éxito, todos los esfuerzos realizados en este trabajo de grado fueron inspirados en mi madre Blanquita Echeverría, quien a lo largo de mi vida ha velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, por ser ejemplo de arduo trabajo y tenaz lucha frente a las adversidades de la vida, porque si hay alguien que está detrás de todo este trabajo, eres tu mami, que has sido, y serás mi pilar y ejemplo a seguir en mi vida.

A mi hermano Claudio por ser mi motivo de inspiración y de superación, quien me ha motivado a seguir adelante, gracias por aceptarme tal y como soy y porque sé que siempre contaré contigo.

A mi padre Bolívar Gusqui, quien con una vos de aliento supo brindarme su apoyo.

Kléver Gusqui E.

ÍNDICE GENERAL

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	III
ÍNDICE GENERAL	VI
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XVI
RESUMEN	XIX
ABSTRACT	XX
INTRODUCCIÓN	XXI
CAPÍTULO I	1
I. GENERALIDADES.....	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación del proyecto de tesis.....	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo General	2
1.3.2. Objetivos Específicos:.....	3
1.4. Hipótesis.....	3
1.5. Identificación de la Empresa.....	3
1.5.1. Nombre de la Empresa	3
1.5.2. Antecedentes de la Empresa.....	3
1.5.3. Misión.....	4
1.5.4. Visión	4
1.5.5. Plan Nacional de Conectividad	4
CAPÍTULO II.....	5
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1. Introducción	5

2.2. Descripción física.....	5
2.3. Espectro electromagnético	7
2.3.1. Rango energético del espectro.....	8
2.3.2. Bandas del espectro electromagnético	8
2.3.3. Infrarrojo	9
2.3.4. Espectro visible	10
2.4. Fabricación de la Fibra Óptica	10
2.4.1. Pruebas y mediciones	10
2.5. Características Generales	11
2.6. Características Técnicas	11
2.7. Características Mecánicas	12
2.8. Propagación de la Luz.....	13
2.8.1. Aspectos básicos de óptica	13
2.8.2. Ángulo crítico.....	14
2.8.3. Propagación de la luz por medio de una fibra óptica	15
2.9. Modo de propagación.....	15
2.9.1. Fibra óptica monomodo	15
2.9.2. Fibra multimodo de índice gradiente gradual	16
2.9.3. Fibra multimodo de índice escalonado.....	16
2.10. Atenuación	18
2.11. Apertura Numérica (NA)	18
2.12. Dispersión en la fibra	18
2.13. Componentes y fuentes con fibra.....	20
2.14. Amplificadores.....	22
2.15. Topologías de Red	23
2.15.1. Topología Bus	24
2.15.2. Topología Estrella	24
2.15.3. Topología Malla	24
2.15.4. Topología Anillo	24

2.15.5. Topologías Mixtas.....	25
2.16. Redes de nueva generación NGN	25
2.16.1. Origen de las NGN.....	25
2.16.2. Definición de NGN	25
2.16.3. Conceptos de las NGN	26
2.16.4. Evolución y migración hacia las NGN.....	27
2.16.5. Características fundamentales de las NGN	28
2.16.6. Componentes de una NGN.....	29
2.16.7. Arquitectura NGN	31
2.16.8. Servicios Soportados por NGN	32
2.16.9. Protocolos utilizados en NGN.....	33
2.16.10. Ventajas e Inconvenientes de las NGN	34
2.17. SDH (Synchronous Digital Hierachy)	35
2.17.1. Jerarquía Digital Síncrona (SDH)	35
2.17.2. Capas o Niveles de SDH	36
2.17.3. Estructura de la trama SDH.....	37
2.17.4. Desventajas de una red SDH.....	37
2.17.5. Arquitecturas de Protección en SDH	41
2.17.6. Esquemas de protección para enlaces punto a punto	42
2.17.7. Esquemas de protección en anillo	43
2.17.8. Protección en redes IP	46
2.18. Redes NG-SDH.....	46
2.18.1. Características de NG-SDH	46
2.18.2. Ventajas	47
2.18.3. Inconvenientes.....	47
2.18.4. NG-SDH como servicio	47
2.18.5. Requerimientos para la red NG-SDH.....	48
2.18.6. Características del equipo NG-SDH	49
2.18.7. Tarjetas de protección en los equipos multiplexores NG-SDH	50

2.19. Interfaces Externas	50
2.20. Sincronización.....	51
2.20.1. Red de Sincronismo	52
2.21. Distribuidores digitales DDF, distribuidores ópticos ODF y cableados.....	52
2.22. Arquitectura de red.....	52
2.23. Redes PON (Passive Optical Network)	53
2.24. ATM (Asynchronous Transfer Mode)	54
2.25. Internet Protocol (Protocolo de Internet)	55
2.26. MPLS (MultiProtocol Label Switching).....	56
2.27. Fundamentos de una Red de Fibra Óptica	57
2.27.1. Ingeniería del Trafico	57
2.27.2. Calidad de Servicio (QoS).....	57
2.27.3. Clase de Servicio (CoS)	58
2.27.4. Acuerdo del nivel de servicio (SLA).....	58
2.28. Fibra Óptica para el Servicio de Tripple Play.....	58
2.28.1. Paquete Tripple Play	58
2.28.2. Parámetros de tráfico de servicio Tripple Play	59
2.29. Servicios Futuros.....	60
2.30. Análisis de Requerimientos	61
2.30.1. Características del Cable de fibra óptica.	61
2.30.2. Características del cable de fibra óptica canalizado.....	61
2.30.3. Cable de fibra óptica aéreo	62
2.30.4. AMG'S que integran cada uno de los nodos.....	63
2.30.5. Arquitectura del sistema del Optix OSN 3500.....	63
2.31. Especificaciones Tecnológicas	64
2.31.1. Sistemas Multiplex	64
2.31.2. Diagrama lógico	64
2.31.3. Tipo de fibra óptica	65
2.31.4. Consumo de energía	66

2.31.5. Tubos de Polietileno De Alta Densidad (P.E.A.D.)	67
2.31.6. Tapón.....	67
2.31.7. Tubo Cóflex de 3/4”	68
2.31.8. ODF (Optical Distribution Frame).....	68
2.31.9. Manguera corrugada.....	69
2.31.10. Empalmes	69
2.31.11. Puentes ópticos (patchcords).....	70
2.31.12. Pigtails.....	71
2.31.13. Herrajes	71
2.31.14. Reservas de cable	73
2.31.15. Mantenimiento Preventivo	74
2.31.16. Mantenimiento Correctivo	74
CAPÍTULO III.....	75
III. ESTUDIO Y ANALISIS DE LA FACTIBILIDAD DEL ANILLO	
PROYECTADO	75
3.1. Tecnologías y servicios existentes en la CNT EP.....	75
3.1.1. Proyección del crecimiento de la red de CNT EP	76
3.2. Estudio de Mercado	76
3.2.1. Estudio de la Oferta.....	76
3.2.2. Estudio de la Demanda.....	78
3.2.3. Proyección de la Demanda	79
3.3. Estudio Técnico.....	81
3.3.1. Alcance del Proyecto.....	81
3.3.2. Beneficios del Proyecto.....	81
3.4. Red Actual CNT EP Chimborazo	83
3.4.1. Disponibilidad, planimetría y obra civil.....	84
3.4.2. Nodos integrantes y sus distancias	84
3.4.3. Cálculo de la Capacidad del anillo	85
3.5. Determinación del Enlace	89

3.6. Capacidad inicial del anillo propuesto para la CNT EP Chimborazo.....	89
3.7. Cálculo del Presupuesto óptico del anillo de fibra óptica.....	91
3.7.1. Presupuesto óptico enlace Nodo Sur – La Libertad (A).....	91
3.7.2. Presupuesto óptico enlace La Libertad – San Luis (B)	92
3.7.3. Presupuesto óptico enlace San Luis – Santa Bárbara (C)	92
3.7.4. Presupuesto óptico enlace Santa Bárbara – Punín (D).....	93
3.7.5. Presupuesto óptico enlace Punín – Pompeya (E).....	93
3.7.6. Presupuesto óptico enlace Pompeya – Licto (F).....	94
3.7.7. Presupuesto óptico Licto – Repetidor Tulabug (Nodo B) (G)	95
3.7.8. Presupuesto óptico enlace Repetidor Tulabug – SUPERTEL (H).....	95
3.7.9. Presupuesto óptico enlace SUPERTEL – Nodo Sur (I)	96
CAPÍTULO IV	98
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL ANILLO .	98
4.1. Introducción	98
4.2. Costos y volúmenes de obra.....	98
4.2.1. Volúmenes de obra de cada uno de los enlaces	99
4.2.2. Costo total de materiales del tendido de fibra canalizado y aéreo.	104
4.3. Costos de Ingeniería.....	105
4.4. Costo total de equipos	106
4.5. Costo total del proyecto	106
4.6. Estudio Económico	106
4.6.1. Justificación de la inversión	106
4.6.2. Flujo de Caja	107
4.6.3. Cálculo del Valor Actual Neto (VAN).....	108
4.6.4. Cálculo de la Taza Interna de Retorno (TIR).....	109
CAPÍTULO V.....	111
V. METODOLOGÍA	111
5.1. Tipo de Estudio	111

5.2. Planteamiento de la hipótesis	111
5.3. Determinación de las variables	111
5.4. Operacionalización de Variables.	112
5.5. Técnicas para la comprobación de la hipótesis	113
5.5.1. Estadístico X^2 Chi Cuadrado	113
5.5.2. Establecimiento del nivel de significancia	113
5.5.3. Grados de Libertad	113
5.6. Comprobación de la hipótesis.	113
VI. CONCLUSIONES	117
VII. RECOMENDACIONES	119
VIII. BIBLIOGRAFÍA	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Código de colores de la fibra óptica	7
Tabla 2. Espectro electromagnético.....	9
Tabla 3. Ventajas y Desventajas de la Fibra Óptica	12
Tabla 4. Diferencias de F. O. Monomodo y Multimodo.	17
Tabla 5. Características de las NGN.....	28
Tabla 6. Características del Softswitch.....	29
Tabla 7. Ejes fundamentales de la red NGN.....	31
Tabla 8. Modelo de Capas de SDH	36
Tabla 9. Normas Técnicas de la Fibra Óptica.....	39
Tabla 10. Requerimientos de Red.....	48
Tabla 11. Características Interfaces externas.....	50
Tabla 12. Servicios Futuros.	60
Tabla 13. Detalles para la implementación.....	64
Tabla 14. Proveedores de Servicio de Telecomunicaciones.....	77
Tabla 15. Cantidad de usuarios por compañía.....	77
Tabla 16. Usuarios de telefonía e internet por localidad	78
Tabla 17. Población a encuetar	78
Tabla 18. Proyección de la demanda en Telefonía	80
Tabla 19. Proyección de la demanda en Internet	80
Tabla 20. Nodos candidatos y estado.	84
Tabla 21. Capacidad actual por localidad.....	86

Tabla 22. Capacidad proyectada de usuarios por localidad.....	86
Tabla 23. Capacidad proyectada en E1 por localidad en telefonía.....	87
Tabla 24. Ancho de banda actuales por localidad.	87
Tabla 25. Proyección del ancho de banda por localidad para 5 años	88
Tabla 26. Proyección del ancho de banda por localidad para 10 años	88
Tabla 27. Ubicación Geográfica de la repetidora y centrales descritas.	89
Tabla 28. Totales del ancho de bandas actual y proyectados	90
Tabla 29. Planilla para Presupuesto Óptico Nodo Sur – La Libertad.....	91
Tabla 30. Planilla para Presupuesto Óptico La Libertad – San Luis	92
Tabla 31. Planilla para Presupuesto Óptico San Luis – Santa Bárbara	92
Tabla 32. Planilla para Presupuesto Óptico Santa Bárbara – Punín	93
Tabla 33. Planilla para Presupuesto Óptico Punín - Pompeya	94
Tabla 34. Planilla para Presupuesto Óptico Pompeya - Licto	94
Tabla 35. Planilla para Presupuesto Óptico Licto – Repetidor Tulabug	95
Tabla 36. Planilla para Presupuesto Repetidor Tulabug-SUPERTEL.....	95
Tabla 37. Planilla para Presupuesto Óptico SUPERTEL – Nodo Sur.....	96
Tabla 38. Tabla resumen del presupuesto óptico por cada enlace	96
Tabla 39. Tabla de resumen de potencias por cada enlace	97
Tabla 40. Volúmenes de obra canalizado Nodo Sur - La Libertad	99
Tabla 41. Volúmenes de obra aéreo La Libertad – San Luis.....	99
Tabla 42. Volúmenes de obra aéreo San Luis – Santa Bárbara.....	100
Tabla 43. Volúmenes de obra aéreo Santa Bárbara - Punín	101
Tabla 44. Volúmenes de obra aéreo Punín - Pompeya.....	102
Tabla 45. Volúmenes de obra aéreo Pompeya- Licto.....	103

Tabla 46. Volúmenes de obra aéreo Repetidor Tulabug – SUPERTEL.....	104
Tabla 47. Costo total de materiales para el tendido del anillo.....	105
Tabla 48. Costos de Ingeniería.	105
Tabla 49. Costos del equipo.....	106
Tabla 50. Costos Total del proyecto.	106
Tabla 51. Flujo de caja proyectado para 10 años.....	108
Tabla 52. Viabilidad del proyecto y resultados	110
Tabla 53. Operacionalización de variables independiente y dependiente	112
Tabla 54. Tabla de contingencia de frecuencias observadas.	114
Tabla 55. Frecuencias esperadas.....	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de la fibra óptica	6
Figura 2. Espectro electromagnético	7
Figura 3. Espectro visible para el ojo humano.	10
Figura 4. Ley Snell	13
Figura 5. Diferencia entre refracción y reflexión	15
Figura 6. Fibra Óptica Modomodo.	15
Figura 7. Fibra multimodo índice gradual	16
Figura 8. Fibra multimodo índice escalonado	17
Figura 9. Fibra Monomodo.....	17
Figura 10. Fibra Multimodo	17
Figura 11. Reflexión de la señal en una fibra óptica	18
Figura 12. Dispersión por polarización de modo en una fibra asimétrica	19
Figura 13. Compensación de la dispersión cromática mediante grating.	20
Figura 14. Tipos de conectores de fibra.....	21
Figura 15. Diagrama esquemático de un amplificador de fibra dopada	23
Figura 16. Estructura de la topología Anillo (a) Simple. (b) Doble	24
Figura 17. Modelo conceptual de las NGN	26
Figura 18. Escenario de la evolución NGN	27
Figura 19. Arquitectura NGN	31
Figura 20. Servicios de NGN.....	32

Figura 21. Terminal Multiplexor	40
Figura 22. Multiplexor ADM	41
Figura 23. Conector de cross conexión digital	41
Figura 24. Esquema de protección 1+1 (1).....	42
Figura 25. Esquema de protección 1: N (1).....	43
Figura 26. Funcionamiento del esquema de protección SNCP	45
Figura 27. Anillo sobre el que se implementa un esquema de protección MS.....	45
Figura 28. NGN como servicio.....	47
Figura 29. Arquitectura de redes.....	52
Figura 30. Modelo de red de Transporte	54
Figura 31. Tecnologías en las capas OSI.....	56
Figura 32. Arquitectura del sistema del Optix OSN 3500.....	63
Figura 33. Sistema de Energía.....	66
Figura 34. Tapón simple.....	67
Figura 35. Tapón Ciego.....	68
Figura 36. Distribuidores Ópticos (ODF).....	69
Figura 37. Manguera corrugada.....	69
Figura 38. Manga tipo domo y tipo lineal.....	70
Figura 39. Herrajes tipo A.....	71
Figura 40. Herrajes tipo B	72
Figura 41. Preformados de retención o terminales	73
Figura 42. Herrajes de Paso o Suspensión.....	73

Figura 43. Arquitectura de una red para cada servicio	75
Figura 44. Arquitectura de convergencia de servicios para una misma red	76
Figura 45. Red Actual CNT EP de las poblaciones que son parte del anillo.....	83
Figura 46. Nomenclatura de canalización en el plano.....	84
Figura 47. Enlace de F. O. Proyectado bajo la topología ADM.....	90
Figura 48. Presupuesto óptico enlace Nodo Sur - La Libertad.....	91
Figura 49. Presupuesto óptico enlace La Libertad – San Luis.	92
Figura 50. Presupuesto óptico enlace San Luis – Santa Bárbara.....	92
Figura 51. Presupuesto óptico enlace Santa Bárbara – Punín.....	93
Figura 52. Presupuesto óptico enlace Punín - Pompeya.....	93
Figura 53. Presupuesto óptico enlace Pompeya - Licto.....	94
Figura 54. Presupuesto óptico enlace Licto – Repetidor Tulabug (Nodo B).....	95
Figura 55. Presupuesto óptico enlace Repetidor Tulabug - SUPERTEL	95
Figura 56. Presupuesto óptico enlace SUPERTEL – Nodo Sur	96
Figura 57. Gráfica de la comprobación de la hipótesis por medio del X2	116

RESUMEN

El proyecto de tesis tiene como objetivo principal realizar el “ESTUDIO Y DISEÑO DE UN ANILLO DE FIBRA ÓPTICA PARA INTERCONECTAR Y PROTEGER A VARIAS CENTRALES Y REPETIDORA DE LA CNT EP CHIMBORAZO, PARA BRINDAR SERVICIOS DE DATOS DE ALTA VELOCIDAD Y TRIPPLE PLAY”, el proyecto consiste en diseñar una red de telecomunicaciones en anillo, que tenga la capacidad suficiente de transporte y protección, para cubrir la demanda de servicios actuales y futuros en el sector sur de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo.

Para la concepción del diseño se realizó un proceso de planificación en el cual se determinaron tanto las necesidades de la red actual, como las especificaciones y parámetros de cada uno de los elementos que conformarán la nueva red como son los cables de fibra óptica, equipos y accesorios, infraestructura civil y las topologías a implementar entre otros. Para luego realizar el respectivo proceso de ingeniería en el cual se corroboran los planteamientos realizados y se determinan las rutas, el tendido del cable y las premisas que regirán las conexiones a realizarse.

El alcance general del proyecto incluye: La ingeniería y diseño del anillo la red de transmisiones, así como su tecnología de transporte que permita llevar a efecto la evolución de las tecnologías de transporte rentabilizando los recursos, migrando los servicios de manera transparente y permitiendo la escalabilidad para soportar las nuevas demandas de ancho de banda y prestaciones futuras, además de las respectivas protecciones que se necesita tanto para las centrales como para el repetidor.

En este trabajo se ilustra los enlaces actuales con sus respectivas capacidades, a la vez se presenta el diseño de un anillo de fibra óptica que proyecta enlazar las centrales que parten del Nodo Sur, La Libertad, San Luis, Santa Bárbara, Punín, Pompeya, Licto, Repetidor Tulabug (Nodo B), Supertel y nuevamente el Nodo Sur para cerrar el anillo.

Abstract

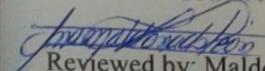
The main objective of this thesis is the "STUDY AND DESIGN OF A RING OF FIBER OPTICS TO INTERCONNECT AND PROTECT VARIOUS CENTERS AND REPEATER OF THE CNT-EP CHIMBORAZO, TO PROVIDE HIGH SPEED DATA SERVICES AND TRIPPLE PLAY", this project consists in design a ring telecommunications network that has enough transportation and protection capacity to cover to the demand for current and future services in the southern sector of the city of Riobamba in the Chimborazo province.

For the project of the design, a planning process was carried out in which the needs of the current network were determined, as well as the specifications and parameters of each of the elements that will form the new network, such as: fiber optic cables, equipment and Accessories, civil infrastructure and the topologies to implement among others. In order to carry out the respective engineering process in which the approaches are corroborated and the routes, the laying of the cable and the premises that govern the connections to be made are determined.

The general scope of this project includes: The engineering and design of the ring transmission network, as well as transportation technology that allows to carry out the evolution of the transportation technologies making the resources profitable, migrating the services in a transparent way and allowing the scalability to support the new demands of bandwidth and future performance, in addition to the respective protections needed for both the central and the repeater.

In this work the current links with their respective capacities are illustrated, at the same time the design of a fiber optic ring is presented, which projects to link the centrals which start from the South Node, La Libertad, San Luis, Santa Bárbara, Punín, Pompeya, Licto, Repeater Tulabug (Node B), Supertel and again the Surprise Node to close the ring.

SIGNATURE


Reviewed by: Maldonado, Ana
Language Center Teacher



INTRODUCCIÓN

Las Telecomunicaciones en la actualidad son el pilar fundamental para el progreso de la sociedad, ya que por medio de estas se podrá acceder a muchos servicios y beneficios, por lo que las redes modernas deben tener la capacidad de protegerse y recuperarse de manera eficiente frente a la aparición de fallos, un ancho de banda que soporte todo el tráfico que se produzca en las centrales y el repetidor que conforman el anillo propuesto.

El desarrollo de los medios de comunicación es un factor fundamental en el progreso de la civilización. Las redes de fibra óptica en la actualidad constituyen una de las obras más importantes dentro de la ingeniería y que su existencia es ignorada, sin embargo son ampliamente utilizadas. El tendido de estas autopistas de la información es de vital importancia para responder las necesidades que surgen en la actualidad, especialmente en aplicaciones de comunicaciones en diferentes dispositivos electrónicos.

La investigación a realizarse ayudará de gran manera a diseñar una propuesta técnica para la futura implementación de una solución de nueva generación en la provincia de Chimborazo, de acuerdo con el estudio se definirá la factibilidad y se conseguirá, el diseño, la tecnología, los costos y proyecciones que serán la plataforma para la toma de las respectivas decisiones.

En la actualidad todo sistema de comunicaciones se inclina hacia la tecnología digital, la cual utiliza diversos medios de transmisión, de los cuales uno de ellos es la fibra óptica. Por lo tanto, el presente trabajo se centra en esta última tecnología y su aplicación a la resolución de un problema práctico. Es así que se plantea la posibilidad de un nuevo medio de transmisión mediante cable de fibra óptica para brindar servicios de datos a altas velocidades a las centrales que parten del Nodo Sur, La Libertad, San Luis, Santa Bárbara, Punín, Pompeya, Licto, Nodo B (Repetidor Tulabug), Supertel y Nodo Sur.

La construcción del anillo de red de fibra óptica en el trayecto antes mencionado permitirá a la provincia poseer una red auto protegida, así como brindar los servicios del tripple play.

CAPÍTULO I

I. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

En la actualidad las telecomunicaciones son un pilar fundamental de la sociedad, siendo así cada vez más importante las renovaciones de tecnologías debido a los avances y actualizaciones de redes de comunicación.

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP) se encuentra en una etapa de transición hacia la provisión de multiservicios de telecomunicaciones como son voz y datos, internet e IPTV, convergentes entre sí, los mismos que se requiere ofertar en las poblaciones donde se encuentran las centrales y Nodo B, mejorando las velocidades y anchos de banda de los usuarios, que actualmente cuentan con equipos de radio microondas instalados. Es así que se plantea el diseño de anillo de fibra óptica que atenderá a las siguientes infraestructuras: Nodo Sur, La Libertad, San Luis, Punín, Pompeya, Licto, Nodo B (Repetidor Tulabug), Supertel y nuevamente el Nodo Sur.

Conforme a lo indicado, la CNT EP en la provincia de Chimborazo requiere asegurar y robustecer su infraestructura actual de la red, trabajos que a posterior servirán para incorporar nuevas tecnologías que incrementaran la eficiencia y la satisfacción de las necesidades de los usuarios incorporando anillos de fibra redundantes entre nodos, la CNT EP prevé asegurar y respaldar los servicios como voz, datos y video con tecnología de última generación, en un mismo canal, con más ancho de banda y a un menor costo, aprovechando al máximo los enlaces físicos inter-centrales existentes y proyectados.

1.2. Justificación del proyecto de tesis

El diseño actual de la red dispone de una limitada seguridad y respaldo (back up) de los canales de comunicación, en tal virtud mediante el presente estudio presenta un diseño de redundancia con el cual se podría disponer de varias rutas para la transmisión de la información con mayor eficacia y a la vez poder descongestionar la red existente, de esta manera brindar un servicio con mayor calidad y velocidad, permitiendo así una mejor administración de la red.

Actualmente las centrales Nodo Sur, La Libertad, San Luis, Punín, Pompeya, Licto, Nodo B (Repetidor de Tulabug), Supertel están servidas unas mediante fibra óptica punto a punto, , otras a través de enlaces de microonda, pero no tiene ningún tipo de protección en caso de daño del enlace de microonda o rotura de la fibra, por lo que se propone este anillo para dar protección, seguridad en caso de rotura de un enlace de fibra en el anillo, además, estas centrales no brindan servicio de datos a altas velocidades y los equipos existentes son muy limitados para brindar este tipo de servicio.

La estructura con la que cuenta la CNT EP de la provincia de Chimborazo, no ayuda a solucionar estos problemas en la totalidad de sus centrales, por tal razón, mediante la presente propuesta se proyectará Implementar una topología donde todos los nodos tengan una red fiable y auto sostenible.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Elaborar el estudio y diseño de un anillo de fibra óptica para interconectar y proteger a varias centrales y repetidora de la CNT EP Chimborazo, para brindar servicios de datos de alta velocidad y tripple play

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Realizar el estudio de demanda de los servicios actuales que disponen cada una de las centrales y Nodo B, que conforman el anillo.
- Analizar y proyectar el tráfico que requieren cada una de las infraestructuras que conforman el anillo para dimensionar el equipamiento.
- Diseñar y Elaborar la propuesta técnica de anillos redundantes con fibra óptica para la CNT EP de la Provincia de Chimborazo.
- Evaluar la viabilidad económica del proyecto.

1.4. Hipótesis

¿Cómo el estudio y diseño de un Anillo de Fibra Óptica para interconectar a varias centrales y repetidora de la CNT EP Chimborazo mejorará los servicios de datos de alta velocidad y Tripple Play a los usuarios que conforman el anillo?

1.5. Identificación de la Empresa

1.5.1. Nombre de la Empresa

Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP Chimborazo.

1.5.2. Antecedentes de la Empresa

Con la finalidad de brindar un mejor servicio a todos los ecuatorianos y conectar a todo el país con redes de telecomunicaciones, nace en octubre del 2008, la CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT S.A., resultado extintas Andinatel S.A y Pacifictel S.A, y en febrero del 2010 se convierte en una empresa pública. Desde marzo de 2010 se oficializó la fusión de la Corporación con la empresa de telefonía ALEGRO, lo que permitió mejorar la cartera de servicios.

1.5.3. Misión

“Unimos a todos los ecuatorianos integrando al país al mundo, mediante la provisión de soluciones de telecomunicaciones innovadoras, con talento humano comprometido y calidad de servicio de clase mundial”

1.5.4. Visión

“Ser la empresa líder de telecomunicaciones del país, por la excelencia en su gestión, el valor agregado que ofrece a sus clientes y el servicio a la sociedad, que sea orgullo de los ecuatorianos”.

1.5.5. Plan Nacional de Conectividad

Este proyecto pretende expandir y fomentar la accesibilidad a los servicios de telecomunicaciones y conectividad. De acuerdo a dicho plan el FODETEL tendrá como meta hasta el 2010 el desarrollo de infraestructura, acceso a servicios de telecomunicaciones con especial énfasis en el internet.

CAPÍTULO II

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Introducción

La Historia de la comunicación por la fibra óptica es relativamente corta. En 1977, se instaló un sistema de prueba en Inglaterra; dos años después, se producían ya cantidades importantes de pedidos de este material, en 1959, como derivación de los estudios en física enfocados a la óptica, se descubrió una nueva utilización de la luz, a la que se denominó rayo láser, que fue aplicado a las telecomunicaciones con el fin de que los mensajes se transmitieran a velocidades inusitadas y con amplia cobertura.

Sin embargo, esta utilización del láser era muy limitada debido a que no existían los conductos y canales adecuados para hacer viajar las ondas electromagnéticas provocadas por la lluvia de fotones originados en la fuente denominada láser. Fue entonces cuando los científicos y técnicos especializados en óptica dirigieron sus esfuerzos a la producción de un ducto o canal, conocido hoy como la fibra óptica. En 1966 surgió la propuesta de utilizar una guía óptica para la comunicación.

Esta forma de usar la luz como portadora de información se puede explicar de la siguiente manera: Se trata en realidad de una onda electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, con la única diferencia que la longitud de las ondas es del orden de micrómetros en lugar de metros o centímetros. (Suárez H., 2012)

2.2. Descripción física

La fibra óptica es una guía de ondas dieléctrica que opera a frecuencias ópticas.

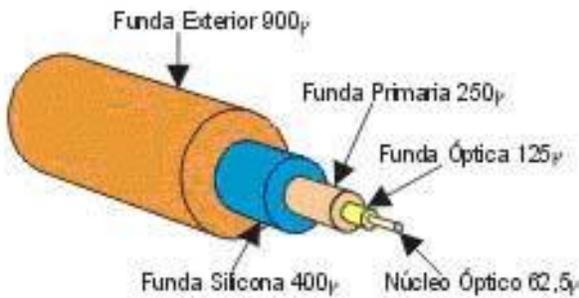


Figura 1. Estructura de la fibra óptica
 Fuente: <https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images>

Como se muestra en la Figura 1, cada filamento consta de un núcleo central de plástico o cristal (óxido de silicio y germanio) con un alto índice de refracción, rodeado de una capa de un material similar con un índice de refracción ligeramente menor. (fibraopticaenredes.blogspot, 2011)

Las características más destacables de la fibra óptica en la actualidad son:

- Cobertura más resistente: La cubierta contiene un 25% más material que las cubiertas convencionales.
- Uso dual (interior y exterior): La resistencia al agua y emisiones ultravioleta, la cubierta resistente y el funcionamiento ambiental extendido de la fibra óptica contribuyen a una mayor confiabilidad durante el tiempo de vida de la fibra.
- Mayor protección en lugares húmedos: Se combate la intrusión de la humedad en el interior de la fibra con múltiples capas de protección alrededor de ésta, lo que proporciona a la fibra, una mayor vida útil y confiabilidad en lugares húmedos.
- Empaquetado de alta densidad: Con el máximo número de fibras en el menor diámetro posible se consigue una más rápida y más fácil instalación, donde el cable debe enfrentar dobleces agudos y espacios estrechos. Ver Tabla 1 (wordpress, 2011)

Tabla 1. Código de colores de la fibra óptica

Número del buffer	Color del buffer	Número de la fibra	Color del fibra
1	Azul	1	Azul
2	Naranja	2	Naranja
3	Verde	3	Verde
4	Marrón	4	Marrón
5	Gris	5	Gris
6	Blanco	6	Blanco
7	Rojo	7	Rojo
8	Negro	8	Negro
9	Amarillo	9	Amarillo
10	Violeta	10	Violeta
11	Rosa	11	Rosa
12	Turquesa	12	Turquesa

Fuente. <https://es.scribd.com/doc/112759941/Codigos-de-colores-Fibra-Optica>

2.3. Espectro electromagnético

Se denomina espectro electromagnético a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas. (Faletti, 2013)

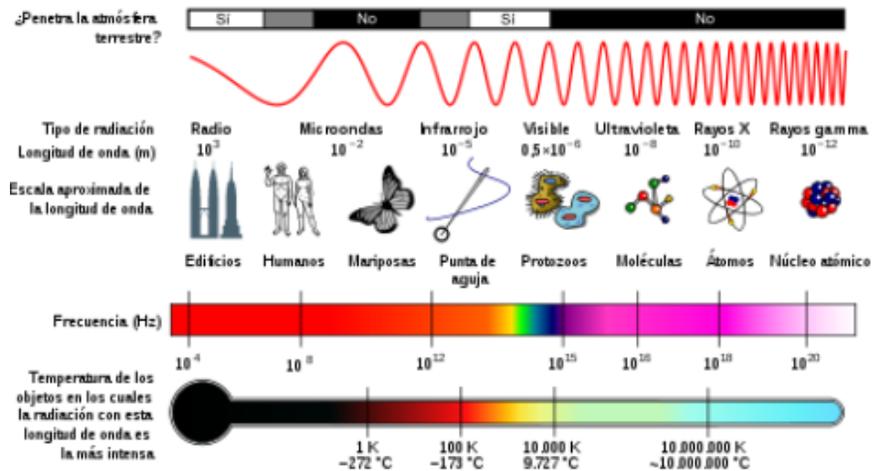


Figura 2. Espectro electromagnético

Fuente: <https://unicom.com/fibra-optica-multimodo-indice-escalonado/>

En la Figura 2, con respecto al espectro electromagnético, se muestra el tipo y la longitud de onda con ejemplos, frecuencia y temperatura de emisión de cuerpo negro.

El espectro electromagnético se extiende desde la radiación de menor longitud de onda, como los rayos gamma y los rayos X, pasando por la luz ultravioleta, la luz visible y los rayos infrarrojos, hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda, como son las ondas de radio (espectroelectromagnético.blogspot, 2012)

2.3.1. Rango energético del espectro

Existen frecuencias de 30 Hz y menores que son relevantes en el estudio de ciertas nebulosas. Por otro lado se conocen frecuencias cercanas a $2,9 \times 10^{27}$ Hz, que han sido detectadas provenientes de fuentes astrofísicas. La energía electromagnética en una particular longitud de onda λ (en el vacío), tiene una frecuencia f asociada y una energía de fotón E que se muestran en las siguientes ecuaciones:

$$c = f\lambda, \text{ o lo que es lo mismo } \lambda = \frac{c}{f}$$
$$E = hf, \text{ o lo que es lo mismo } E = \frac{hc}{\lambda}$$

Donde:

$c = 299.792.458$ m/s, siendo este valor de la velocidad de la luz.

$h \cong 6.626069.10^{-34}$ J.s $\cong 4.13567$ μ eV/GHz siendo la constante de Planck.

Por lo general, las radiaciones electromagnéticas se clasifican basándose en su longitud de onda en ondas de radio, microondas, infrarrojos, visible que se percibe como luz visible ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

2.3.2. Bandas del espectro electromagnético

Existen ondas que tienen una frecuencia como se indica en la Tabla 2, pero varios usos, por lo que algunas frecuencias pueden quedar en ocasiones incluidas en dos rangos. (sites, 2008)

Tabla 2. Espectro electromagnético

Banda	λ (m)	Frecuencia en Hz	Energía (J)
Rayos gamma	< 10 pm	> 30,0 THz	> $20 * 10^{-15}$ J
Rayos X	< 10 nm	> 30,0 THz	> $20 * 10^{-18}$ J
Ultravioleta extremo	< 200 nm	> 1,5 THz	> $993 * 10^{-21}$ J
Ultravioleta cercano	< 380 nm	> 789 THz	> $523 * 10^{-21}$ J
Luz visible	< 780 nm	> 384 THz	> $255 * 10^{-21}$ J
Infrarrojo cercano	< 2,5 nm	> 120 THz	> $79 * 10^{-21}$ J
Infrarrojo medio	< 500 nm	> 6,00 THz	> $4 * 10^{-21}$ J
Infrarrojo lejano/submilimétrico	< 1 nm	> 300 THz	> $200 * 10^{-24}$ J
Microondas	< 30 nm	> 1 GHz	> $2 * 10^{-24}$ J
Ultra Alta Frecuencia –Radio	< 1 m	> 300 MHz	> $19,8 * 10^{-26}$ J
Muy Alta Frecuencia - Radio	< 10 m	> 30 MHz	> $19,8 * 10^{-28}$ J
Onda Corta – Radio	< 180 m	> 1,7 MHz	> $11,22 * 10^{-28}$ J
Onda Media – Radio	< 650 m	> 650kHz	> $42,9 * 10^{-29}$ J
Onda Larga – Radio	< 10 km	> 30kHz	> $19,8 * 10^{-30}$ J
Muy Baja Frecuencia – Radio	> 10 km	> 30kHz	< $19,8 * 10^{-30}$ J

Fuente: [https:// astronoo.com/es/articulos/espectro-electromagnetico.html](https://astronoo.com/es/articulos/espectro-electromagnetico.html)

2.3.3. Infrarrojo

Las ondas infrarrojas están en el rango de 0,7 a 100 micrómetros. La radiación infrarroja se asocia generalmente con el calor. Ellas son producidas por cuerpos que generan calor, aunque a veces pueden ser generadas por algunos diodos emisores de luz y algunos láseres. (sites, 2008)

También se usan en los mandos a distancia de los televisores y otros aparatos, en los que un transmisor de estas ondas envía una señal codificada al receptor del televisor.

2.3.4. Espectro visible

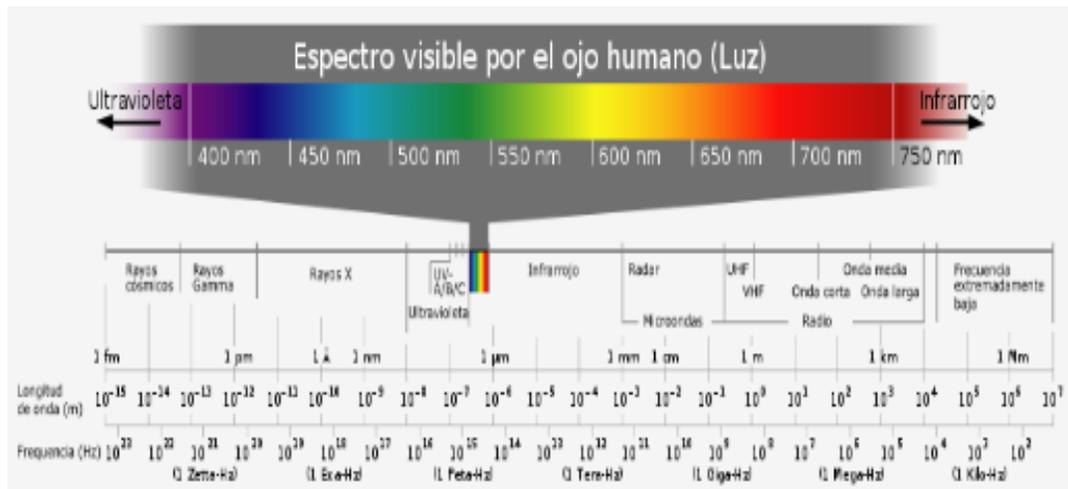


Figura 3. Espectro visible para el ojo humano.

Fuente: <https://unicrom.com/luz-longitud-de-onda-frecuencia-colores/>

Por encima de la frecuencia de las radiaciones infrarrojas se encuentra lo que comúnmente es llamado luz, un tipo especial de radiación electromagnética que tiene una longitud de onda en el intervalo de 0,4 a 0,8 micrómetros las cuales se muestran en la Figura 3. Este es el rango en el que el sol y las estrellas similares a las que emiten la mayor parte de su radiación. (sites, 2008)

2.4. Fabricación de la Fibra Óptica

La fabricación de fibra óptica se realiza en tres pasos: creación de la preforma o tubo cilíndrico de entre unos 60 y 120 cm de largo y un diámetro de entre 10 y 25 mm, la creación de la fibra óptica propiamente dicha mediante un procedimiento de estirado con la posterior aplicación de un revestimiento primario y por último las pruebas y medidas.

2.4.1. Pruebas y mediciones

Después del estirado la fibra pasa a la etapa de prueba y medidas en la cual se verifican todos los parámetros ópticos y geométricos. Existen tres tipos de pruebas: mecánico, óptico, y geométrico. (xatakaciencia, 2010)

2.5. Características Generales

✓ Coberturas más resistentes

La cubierta especial es extruida a alta presión directamente sobre el mismo núcleo del cable, resultando en que la superficie interna de la cubierta del cable tenga arista helicoidal que se aseguran con los sub-cables. La cubierta contiene 25% más material que las cubiertas convencionales.

✓ Mayor protección en lugares húmedos

El agua puede acumularse en pequeñas piscinas en los vacíos, y cuando la delicada fibra óptica es expuesta, la vida útil es recortada por los efectos dañinos del agua en contacto.

✓ Protección Anti-inflamable

Los nuevos avances en protección anti-inflamable hacen que disminuya el riesgo que suponen las instalaciones antiguas de fibra óptica que contenían cubiertas de material inflamable y relleno de gel que también es inflamable. (lamecanicacelestedeldrbattleboom, 2012)

✓ Empaquetado de alta densidad

Con el máximo número de fibras en el menor diámetro posible se consigue una más rápida y más fácil instalación, donde el cable debe enfrentar dobleces agudos y espacios estrechos. Se ha llegado a conseguir un cable con 72 fibras de construcción súper densa cuyo diámetro es un 50% menor al de los cables convencionales.

2.6. Características Técnicas

La fibra es un medio de transmisión de información analógica o digital. La capacidad de transmisión de información que tiene una fibra óptica depende de tres características fundamentales:

- a. Del diseño geométrico de la fibra.

- b. De las propiedades de los materiales empleados en su elaboración. (diseño óptico)
- c. De la anchura espectral de la fuente de luz utilizada. Cuanto mayor sea esta anchura, menor será la capacidad de transmisión de información de esa fibra.

Presenta dimensiones más reducidas que los medios preexistentes. Un cable de 10 fibras tiene un diámetro aproximado de 8 o 10 mm y proporciona la misma o más información que un coaxial de 10 tubos. La F.O. presenta un funcionamiento uniforme desde -550 C a +125C sin degradación de sus características.

2.7. Características Mecánicas

La F.O. como elemento resistente dispuesto en el interior de un cable formado por agregación de varias de ellas, no tiene características adecuadas de tracción que permitan su utilización directa. Para alcanzar tal objetivo hay que tener en cuenta su sensibilidad a la curvatura y micro curvatura, la resistencia mecánica y las características de envejecimiento. Tales diferencias se puede apreciar en la Tabla 3, y se deben a diseños calculados a veces para mejorar otras propiedades, como la resistencia mecánica, la calidad de empalme, el coeficiente de relleno (número de fibras por mm²) o el costo de producción (sites, 2010)

Tabla 3. Ventajas y Desventajas de la Fibra Óptica

Ventajas	Desventajas
La banda de paso muy ancha.	Las fibras son muy frágiles
Posee una gran flexibilidad así como ligereza, como seguridad y resistencia mecánica además de una resistencia al ambiente.	Los transmisores y receptores usados en este medio son más caros que los convencionales.
Posee una Inmunidad total a las perturbaciones de origen electromagnético.	Los empalmes que se dan entre las fibras son de difícil de realizar, especialmente en áreas del campo, lo que dificulta considerablemente las reparaciones en caso de que se presente rupturas del cable de fibra.

No origina interferencias.	No se puede transmitir electricidad para la alimentación de las repetidoras en los intermedios.
Es insensible a los parásitos.	La necesidad de realizar procesos de conversión de energía eléctrica- óptica.
La atenuación es muy pequeña que es independiente de la frecuencia.	No se puede transmitir elevadas potencias por medio de la fibra.
La facilidad de ubicar los cortes gracias a un proceso basado a la telemetría.	No existe memorias ópticas.

Fuente: [https:// fibrasopticaplus.wordpress.com/category/ventajas-y-desventajas/](https://fibrasopticaplus.wordpress.com/category/ventajas-y-desventajas/)

2.8. Propagación de la Luz

Una de las propiedades de la luz más evidentes a simple vista es que se propaga en línea recta. La óptica geométrica parte de esta premisa para predecir la posición de la luz, en un determinado momento, a lo largo de su transmisión. De la propagación de la luz y su encuentro con objetos surgen las sombras. Si se interpone un cuerpo opaco en el camino de la luz y a continuación una pantalla, se obtendrá sobre ella la sombra del cuerpo. (sites, 2008)

2.8.1 Aspectos básicos de óptica

Antes de explicar directamente que es la fibra óptica, conviene repasar ciertos aspectos básicos de óptica.

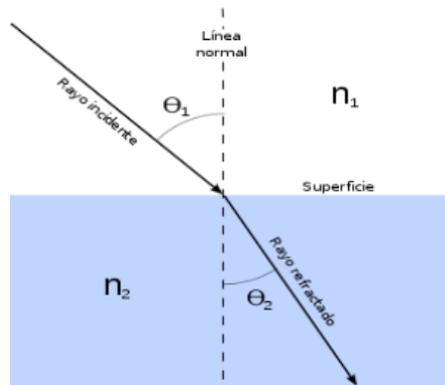


Figura 4. Ley Snell

Fuente: [https:// fisica-moderna.jimdo.com/óptica/ley-de-snell/](https://fisica-moderna.jimdo.com/óptica/ley-de-snell/)

Se considera dos medios caracterizados por índices de refracción y separados por una superficie S . Los rayos de luz que atraviesen los dos medios se refractarán en la superficie variando su dirección de propagación dependiendo del cociente entre los índices de refracción n_1 y n_2 ver Figura 4. Para un rayo luminoso con un ángulo de incidencia θ_1 , sobre el primer medio, ángulo entre la normal a la superficie y la dirección de propagación del rayo, se tendrá que el rayo se propaga en el segundo medio con un ángulo de refracción cuyo valor se obtiene por medio de la ley de Snell.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

Obsérvese que para el caso de $\theta_1 = 0$, (rayos incidentes de forma perpendicular a la superficie) los rayos refractados emergen con un ángulo $\theta_2 = 0$ para cualquier n_1 y n_2 , si un rayo incidente sobre la superficie de separación con un ángulo de incidencia θ_1 se refracta sobre el medio con un ángulo de refracción θ_2 , entonces un rayo incidente en la dirección opuesta desde el medio 2 con un ángulo de incidencia θ_2 se refracta sobre el medio 1 con un ángulo θ_1 .

2.8.2. Ángulo crítico

El ángulo crítico o ángulo límite también es el ángulo mínimo de incidencia en el cual se produce la reflexión interna total. El ángulo de incidencia se mide respecto a la normal de la separación de los medios. El ángulo crítico viene dado por:

$$\theta_c = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

Donde n_1 y n_2 los índices de refracción de los medios con $n_1 < n_2$. Esta ecuación es una simple aplicación de la ley de Snell donde el ángulo de refracción es 90° . ver Figura 5. (Ortega S. & Gibson A., 2010, Sección 2)

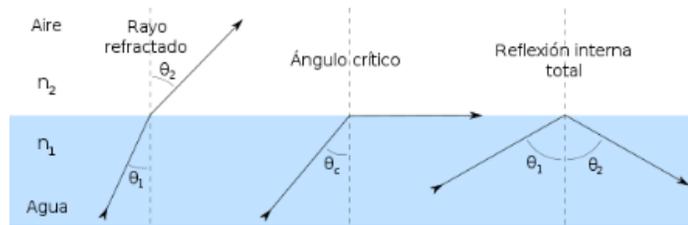


Figura 5. Diferencia entre refracción y reflexión

Fuente: <https:// enciclopediadetareas.net/2010/06/diferencia-entre-reflexion-y-refraccion.html>

2.8.3. Propagación de la luz por medio de una fibra óptica

La luz puede propagarse por un cable de fibra óptica, por reflexión o refracción. Cómo se propaga la luz depende del modo de propagación y el perfil del índice de la fibra.

2.9. Modo de propagación

En la terminología de fibra óptica, la palabra modo simplemente significa trayectoria. Si hay sólo una trayectoria que la luz toma en el cable, se llama modo sencillo. Si hay más de una trayectoria, se llama multimodo.

2.9.1. Fibra óptica monomodo

Potencialmente, esta es la fibra que ofrece la mayor capacidad de transporte de información. Tiene una banda de paso del orden de los 100 GHz/km. La Figura 6 muestra que sólo pueden ser transmitidos los rayos que tienen una trayectoria que sigue el eje de la fibra, por lo que se ha ganado el nombre de "monomodo" (modo de propagación, o camino del haz luminoso, único). Son fibras que tienen el diámetro del núcleo en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas que transmiten, es decir, de unos 5 a 8 mm. Ver Figura 6

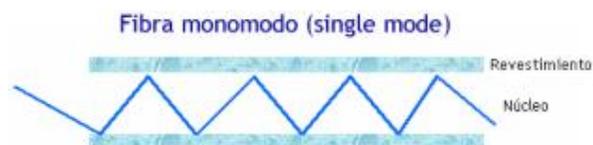


Figura 6. Fibra Óptica Modomodo.

Fuente: <https:// www.enterate.unam.mx/Articulos/2005/septiembre/fibraoptica.htm>

2.9.2. Fibra multimodo de índice gradiente gradual

Las fibras multimodo de índice de gradiente gradual tienen una banda de paso que llega hasta los 500 MHz por kilómetro. Su principio se basa en que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta. Los rayos luminosos se encuentran enfocados hacia el eje de la fibra, como se puede ver en la Figura 7. La fibra multimodo de índice gradiente gradual de tamaño 62,5/125 μm (diámetro del núcleo/diámetro de la cubierta) está normalizado, pero se pueden encontrar otros tipos de fibras:

- Multimodo de índice escalonado 100/140 μm .
- Multimodo de índice de gradiente gradual 50/125 μm .

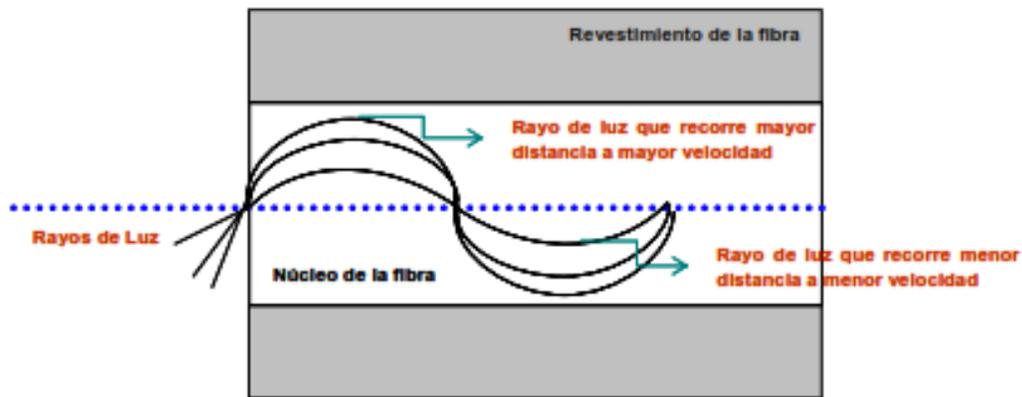


Figura 7. Fibra multimodo índice gradiente
Fuente: [https:// udec.cl/~jdupre/fibra/tipos.html](https://udec.cl/~jdupre/fibra/tipos.html)

2.9.3. Fibra multimodo de índice escalonado

Las fibras están fabricadas a base de vidrio, con una atenuación de 30 dB/km, en el plástico hasta los 100 dB/km. Tienen una banda de paso que llega hasta los 40 MHz/km. En estas fibras, el núcleo está constituido por un material uniforme cuyo índice de refracción es claramente superior al de la cubierta que lo rodea. El paso desde el núcleo hasta la cubierta conlleva por tanto una variación brutal del índice, de ahí su nombre de índice escalonado observe la Figura 8. (lamecanicacelestedeldrbattleboom, 2012)

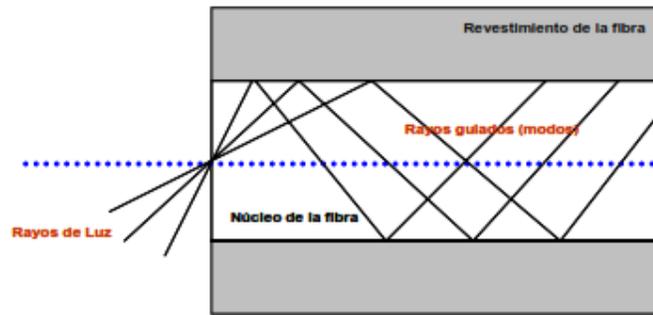
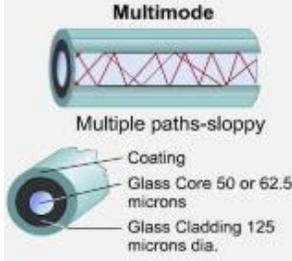
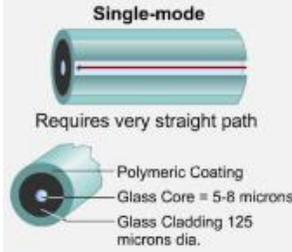


Figura 8. Fibra multimodo índice escalonado
 Fuente: [https:// udec.cl/~jdupre/fibra/tipos.html](https://udec.cl/~jdupre/fibra/tipos.html)

Tabla 4. Diferencias de F. O. Monomodo y Multimodo.

Monomodo	Multimodo
 <p data-bbox="425 1113 688 1138">Figura 9. Fibra Monomodo</p>	 <p data-bbox="971 1104 1273 1129">Figura 10. Fibra Multimodo</p>
El núcleo de la fibra monomodo posee de 5 – 8 micrones de diámetro.	Su núcleo es de 5.062,5 micrones o más.
La dispersión es menos.	Esta F. O. permite una gran dispersión y pérdida de la señal
Es perfecto para aplicaciones de muy largas distancias que sobrepasan los 3 km	Se lo usa para aplicaciones de muy largas distancias pero menores que de la F. O. Monomodo.
El láser es su fuente de luz.	El láser es su fuente de luz.
Labanda de paso es de 100 GHz/km.	Se propagan multiples modos por esta F. O.
Solo un modo se propaga por la F. O.	Los diferenres ángulos denotan diferentes distancias para su trasmisión.
Es capaz de soportar una longitud que la F. O. Multimodo.	En las transmisiones, se llega en tiempos diferentes (dispersión modal) ver Figura 10.
El láser genera las señales luminosas.	
Es usable para conexiones entre edificios ver Figura 9.	

Fuente: Composición Fibra óptica – EIS.

2.10. Atenuación

Es la pérdida de potencia óptica en una fibra, y se mide en dB y dB/Km.

Una pérdida del 50% de la potencia de entrada equivale a -3dB.

Las pérdidas pueden ser intrínsecas o extrínsecas.

2.11. Apertura Numérica (NA)

Es un parámetro que da la idea de la cantidad de luz que puede ser guiada por una fibra óptica. Por lo tanto, cuanto mayor es la magnitud de la apertura numérica de una fibra, mayor es la cantidad de luz que puede guiar o lo que es lo mismo, más cantidad de luz es capaz de aceptar en su núcleo ver Figura 11. (phenom-tech, 2010)

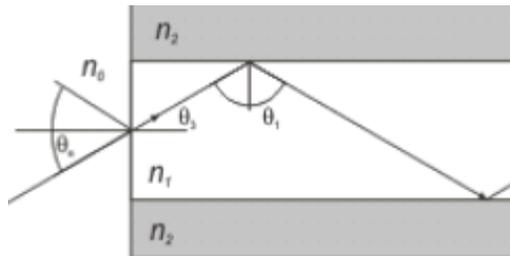


Figura 11. Reflexión de la señal en una fibra óptica

Fuente: [https:// pesquera.tel.uva.es/tutorial/Tema_I/Propiedades_Fibra/Uniones](https://pesquera.tel.uva.es/tutorial/Tema_I/Propiedades_Fibra/Uniones).

2.12. Dispersión en la fibra

La dispersión es el fenómeno por el cual un pulso se deforma a medida que se propaga a través de la fibra óptica, debido a que las distintas componentes de la señal viajan a distintas velocidades llegando al receptor en distintos instantes de tiempo Suárez(2012). Sin embargo, existen varios tipos de dispersión:

- ✓ Dispersión modal
- ✓ Dispersión por polarización de modo
- ✓ Dispersión cromática

Dispersión modal

La dispersión modal se debe a que los distintos modos de una fibra óptica tienen distintas velocidades de grupo, como se decide al observar la constante de

propagación, β , tras resolver las ecuaciones de Maxwell que es distinta para cada modo, según la teoría de la óptica de rayos, en la diferencia que de caminos recorre la luz por la fibra según el modo al que se acople.

Dispersión por polarización del modo

Cuando una fibra es perfectamente circular la constante de propagación entre las polarizaciones es la misma y por tanto también lo es la velocidad de propagación de cada polarización observe la Figura 12. (Gómez, 2012)

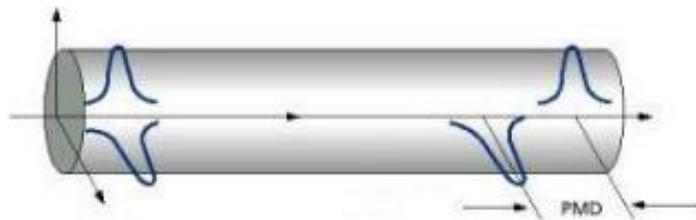


Figura 12. Dispersión por polarización de modo en una fibra monomodo asimétrica
Fuente: <https://lafibraoptica.com/las-fibras-opticas-dispersion-del-modo-de-polarizacion/>

Dispersión cromática

El fenómeno de la dispersión cromática surge debido a dos razones:

- Dispersión material: es el principal causante de la dispersión, y consiste en que el índice de refracción del silicio, material usado para fabricar las fibras ópticas, depende de la frecuencia.
- Dispersión por guiado de onda: para comprender esta componente hay que recordar que la potencia de un modo se propaga parcialmente por el núcleo y parcialmente por el revestimiento (Gómez, 2012)

La fibra SMF es la fibra monomodo estándar. La fibra NZDF (Non Zero Dispersion Fiber) se caracteriza por tener una dispersión muy próxima a cero en tercera ventana, pero no nula. La utilidad de este tipo de fibras es que buscan tener algo de dispersión cromática que pueda compensar los efectos producidos por los fenómenos no lineales. (Suárez, 2010)

Utilización de grating de Bragg de fibra (FBG) chirpeado. El FBG chirpeado introducen un retardo que depende de la longitud de onda de forma que se compense el retardo sufrido por las diferentes longitudes de onda de la señal transmitida. Se utilizan junto con un circulador como muestra la siguiente Figura 13.

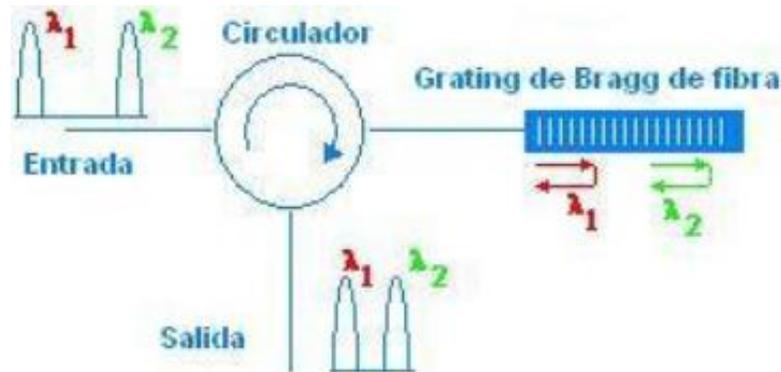


Figura 13. Compensación de la dispersión cromática mediante grating.
Fuente: <https://conelectronica.com/fibra-optica/redes-opticas.htm>

2.13. Componentes y fuentes con fibra

Dentro de los componentes se destacan los siguientes: los conectores, el tipo de emisor del haz de luz, los conversores de luz, etc.

Transmisor de energía óptica, lleva un modulador para transformar la señal electrónica entrante a la frecuencia aceptada por la fuente luminosa, la cual convierte la señal electrónica (electrones) en una señal óptica (fotones) que se emite a través de la fibra óptica.

Detector de energía óptica, normalmente es un fotodiodo que convierte la señal óptica recibida en electrones. Su componente es el silicio y se conecta a la fuente luminosa y al detector de energía óptica. (Hall, 2011)

Tipos de conectores

Los tipos de conectores disponibles son muy variados, entre los que se puede encontrar los siguientes, observe la Figura 14.



Figura 14. Tipos de conectores de fibra

Fuente: [https:// fibraoptica hoy.com/blog/conectores-de-fibra-optica.htm](https://fibraoptica hoy.com/blog/conectores-de-fibra-optica.htm)

Tipos de conectores de la fibra óptica.

- FC, que se usa en la transmisión de datos y en las telecomunicaciones.
- FDDI, se usa para redes de fibra óptica.
- LC y MT-Array que se utilizan en transmisiones de alta densidad de datos.
- SC y SC-Dúplex se utilizan para la transmisión de datos.
- ST o BFOC se usa en redes de edificios y en sistemas de seguridad.

Emisores del haz de luz

Estos dispositivos se encargan de convertir la señal eléctrica en señal luminosa, emitiendo el haz de luz que permite la transmisión de datos, estos pueden ser:

- *LEDs*. Utilizan una corriente de 50 a 100 mA, su velocidad es lenta, solo se puede usar en fibras multimodo, pero su uso es fácil y su tiempo de vida es muy grande, además de ser económicos.

- *Lasers*. Este tipo de emisor usa una corriente de 5 a 40 mA, son muy rápidos, se puede usar con los dos tipos de fibra, monomodo y multimodo, pero por el contrario su uso es difícil, su tiempo de vida es largo pero menor que el de los LEDs y también son mucho más costosos. (Suárez, 2012)
- *Detectores PIN*. Su nombre viene de que se componen de una unión P-N y entre esa unión se intercala una nueva zona de material intrínseco (I), la cual mejora la eficacia del detector.
- *Detectores APD*. Los fotodiodos de avalancha son fotodetectores que muestran, aplicando un alto voltaje en inversa, un efecto interno de ganancia de corriente (aproximadamente 100), debido a la ionización de impacto (efecto avalancha). (fibraopticaenredes.blogspot, 2011)

Estos detectores se pueden clasificar en:

- *De silicio*: presentan un bajo nivel de ruido y un rendimiento de hasta el 90% trabajando en primera ventana
- *De germanio*: aptos para trabajar con longitudes de onda comprendidas entre 1000 y 1300 nm y con un rendimiento del 70%.

2.14. Amplificadores

Amplificador óptico

Es un dispositivo que amplifica una señal óptica directamente, sin la necesidad de convertir la señal al dominio eléctrico, amplificar en eléctrico y volver a pasar a óptico.

Amplificadores de fibra dopada

Son amplificadores ópticos que usan fibra dopada, normalmente con tierras raras. Típicamente, las longitudes de onda de bombeo son 980 nm o 1480 nm y para

obtener los mejores resultados en cuanto a ruido se refiere, debe realizarse en la misma dirección que la señal, observe la Figura 15.

Un amplificador óptico es capaz de amplificar un conjunto de longitudes de onda (WDM, Wavelength División Multiplexing).

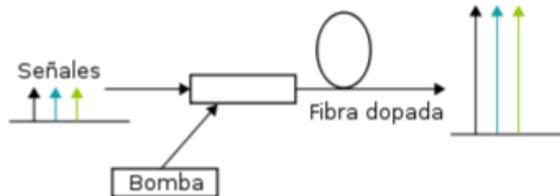


Figura 15. Diagrama esquemático de un amplificador de fibra dopada
Fuente: https://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2_8_2.htm

El amplificador de fibra dopada más común es el EDFA (del inglés, Erbium Doped Fiber Amplifier) que se basa en el dopaje con Erblio de una fibra óptica. El ruido ASE generado a la salida de un amplificador de este tipo se puede calcular como:

$$P_{ASE} = 2n_{sp}(G - 1)hf \cdot B_o$$

Donde, n_{sp} es el factor de emisión espontánea, G es la ganancia del amplificador y B_o es el ancho de banda óptico del amplificador. (Ramos & Chamorro , 2010)

2.15. Topologías de Red

Para elegir de forma apropiada la topología a implementar es necesario considerar las siguientes exigencias de la red en relación al tráfico:

- ✓ Capacidad de tráfico a ser manejado por la red en cada momento.
- ✓ Capacidad para futuras expansiones.
- ✓ Disponibilidad y factibilidad de acceso de una conexión en cualquier momento.
- ✓ Confiabilidad de conexión.
- ✓ Retardo en la transferencia de los datos.
- ✓ Distribución física de los equipos a interconectar.

2.15.1. Topología Bus

Es una configuración fácil de instalar y confiable, ya que al no existir un elemento concentrador del que depende la red sólo el daño del cableado físico puede imposibilitar la capacidad de tráfico.

2.15.2. Topología Estrella

En este caso todos los elementos de la red se encuentran conectados a un nodo central de la red (concentrador), que puede operar de forma pasiva cuando sólo sirve para interconectar los nodos de la red o de forma activa cuando actúa un gestor de la red siendo capaz de repetir o regenerar la señal.

2.15.3. Topología Malla

Esta topología garantiza por lo menos dos rutas distintas entre dos nodos, convirtiéndose en una red de alta confiabilidad, ya que por su naturaleza descentralizada permite que todos los nodos sean accesibles a pesar de daños en alguna de las líneas.

2.15.4. Topología Anillo

En este caso los nodos se conectan unos a otros por medio de una o dos rutas que se asemejan un bucle cerrado, formando un anillo simple en el primer caso y un anillo doble en el segundo como se muestran en la Figura 16. La diferencia entre ambos casos radica en la vulnerabilidad que presenta la red en el anillo simple, mientras que en el caso del anillo doble permite las transmisiones de datos en ambas direcciones, creando una redundancia y por consiguiente tolerancia a fallos.

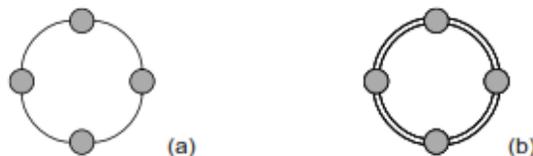


Figura 16. Estructura de la topología Anillo (a) Anillo Simple. (b) Anillo Doble
Fuente: <https://ercoasl.com/index.php/id/2/objeto/16/claves/redes>

2.15.5. Topologías Mixtas

Es importante resaltar que en algunas ocasiones se puede observar topologías mixtas en las cuales se usa una combinación de dos o más topologías básicas distintas, como por ejemplo estrella – anillo, estrella – bus. (Fernández, 2010)

2.16. Redes de nueva generación NGN

NGN no es sino un modelo de arquitectura de redes de referencia de redes que permite el desarrollo de toda la gama de servicios que oferta el servicio IP multimedia de nueva generación, así como la evolución, migración es decir en términos más o menos de sustitución o emulación de los servicios actuales de las telecomunicaciones.

2.16.1. Origen de las NGN

La necesidad de optimización de todos los servicios agregados; fue lo que dio origen a la nueva tecnología de las Redes de acceso de la Nueva Generación (NGN ‘New Generation Network’).

Es así que luego de un extenso número de estudios realizados por parte de algunas comisiones de la UIT; se publicaron algunas de las Recomendaciones Y.2001 General Overview of NGN e Y.2011; sin embargo, se debe indicar que el tema de las NGN no está totalmente terminado, pues aún las comisiones encargadas por parte de la UIT siguen en el proceso del estudio para estandarizarlo al tema en cuestión. (Perca, Ganuza, & Vicens, 2012)

2.16.2 Definición de NGN

“Red basada en paquetes que permite prestar servicios de telecomunicación y en la que se pueden utilizar múltiples tecnologías de transporte de banda ancha propiciadas por la QoS (Quality of Service), y en la que las funciones relacionadas con los servicios son independientes de las tecnologías subyacentes relacionadas con el transporte. Permite a los usuarios el acceso sin trabas a redes y a proveedores de

servicios y/o servicios de su elección. Se soporta movilidad generalizada que permitirá la prestación coherente y ubicua de servicios a los usuarios.”

2.16.3. Conceptos de las NGN

Conceptos

- ✓ Red Multiservicio capaz de manejar voz, datos y video
- ✓ Red con el plano de control (señalización, control) separado del plano de transporte y conmutación/ruteo.
- ✓ Red con interfaces abiertos entre el transporte, el control y las aplicaciones
- ✓ Red que usa la tecnología de paquetes (IP) para transportar todo tipo de información
- ✓ Red con QoS garantizada para distintos tipos de tráfico y SLA.
- ✓ NGN es una red funcional multiservicio, basada en tecnología IP, producto de la evolución de las actuales redes IP, con la posibilidad de ofrecer servicios diferenciados y acordes a la calidad de servicio demandada por las aplicaciones de cliente, observe la Figura 18. (Perca, Ganuza, & Vicens, 2012) ver Figura 17.

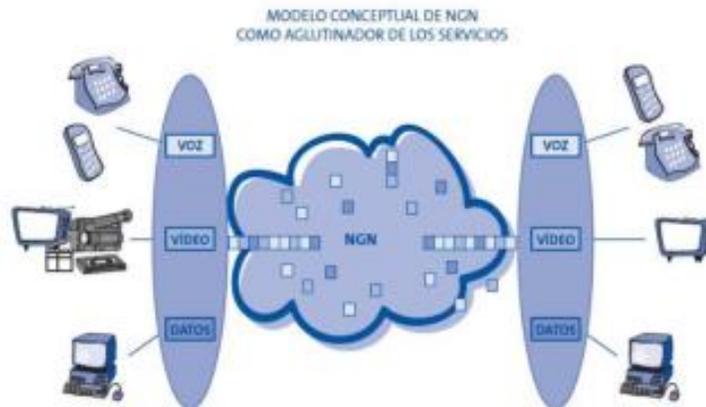


Figura 17. Modelo conceptual de las NGN
Fuente: <https://richardtorrezgallardo.wordpress.com/2016/03/>

NGN relacionado con la voz

- ❖ Los servicios serán suministrados a través de redes interconectadas sobre un conjunto combinado de terminales inteligentes y no inteligentes.

- ❖ La red tendrá la inteligencia y el control sobre los servicios y se adaptará a éstos en función de las necesidades que los usuarios finales demanden.
- ❖ La actual red telefónica evolucionará para adaptarse a los servicios multimedia, constituyendo la base de la futura NGN observe la Figura 19. (Perca, Ganuza, & Vicens, 2012)

2.16.4. Evolución y migración hacia las NGN

Evolución

NGN debe permitir la evolución, migración en términos de sustitución o emulación de los actuales servicios de telecomunicación. La convergencia es imperativa en todos los aspectos: desde la convergencia de aplicaciones hasta la convergencia de infraestructuras.

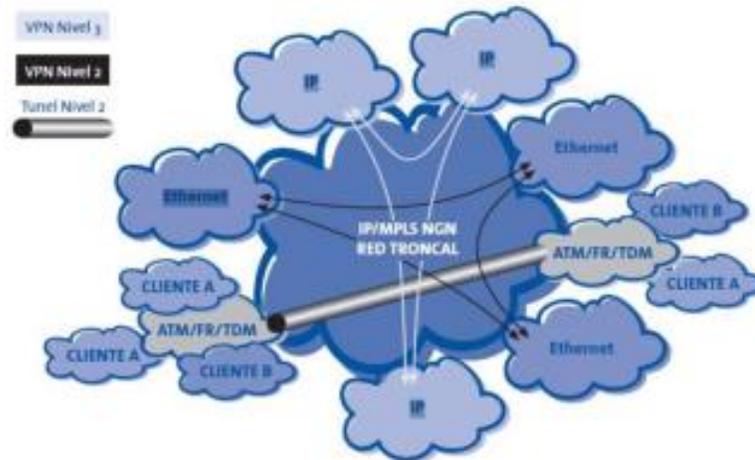


Figura 18. Escenario de la evolución NGN

Fuente: [https:// webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/gilberto/redes/NGN.pdf](https://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/gilberto/redes/NGN.pdf)

Con la aparición de la libre competencia, inició la motivación en los operadores para intentar ampliar el abanico de servicios que podía ofrecer a sus clientes observe la Figura 18.

Migración

La migración hacia NGN es un elemento fundamental para lograr la convergencia de redes y servicios. Estas redes están estableciendo un cambio de redes

separadas y redes IP hacia redes unificadas basadas en protocolo IP con plataformas Multiservicios y basadas en paquetes de servicios.

- Eficiencia de costos: economías de alcance propias de una única red troncal basada en IP y reducción de costos operativos al permitir la eliminación de centrales locales. (Perca, Ganuza, & Viacens, 2012)
- Demanda de los consumidores de mayores velocidades de transmisión.
- Presión competitiva: prestadores de TV por cable, empresas eléctricas, proyectos municipales/públicos y proveedores alternativos.

2.16.5. Características fundamentales de las NGN

Según los lineamientos y estándares de la UIT, las características principales de las NGN, incluidas en la Recomendación Y.2001, obsérvese la siguiente Tabla 5:

Tabla 5. Características de las NGN

Características	Descripción
Transferencia	Basada en paquetes
Funciones de control	Separadas de las capacidades de portador, llamada/sesión, y aplicación/servicio.
Desacoplamiento	De la provisión del servicio del transporte, y se proveen interfaces abiertas. Soporte de una amplia gama de servicios, aplicaciones y mecanismos basados en construcción de servicios por bloques (incluidos servicios en tiempo real/de flujo continuo en tiempo no real y multimedia)
Capacidades	Banda ancha con calidad de servicio (QoS) extremo a extremo.
Interfuncionamiento	Con redes tradicionales a través de interfaces abiertas.
Movilidad	Generalizada
Acceso	Sin restricciones de los usuarios a diferentes proveedores de servicios
Identificación	Diferentes esquemas de identificación
Unificación	Las mismas características para el mismo servicio
Convergencia	Entre servicios fijos y móviles
Independencia	De las funciones relativas al servicio con respecto a las tecnologías subyacentes de transporte.
Soporte	De las múltiples tecnologías de última milla y de servicios de diferente naturaleza: tiempo real y no real, streaming, servicios multimedia (voz, video, texto).

Requisitos reglamentarios	Cumplimiento de todos los requisitos reglamentarios de emergencia, seguridad, privacidad, interceptación legal, etc.
Infraestructuras	Para la creación, desarrollo y gestión de toda clase de servicios, distinguiendo y separando los servicios y las redes de transporte. Posee una arquitectura de red horizontal basada en una división transparente de los planos de transporte, control y aplicación.
Transporte	Basado en tecnología de conmutación de paquetes IP/MPLS
Migración	De las redes actuales (PSTN, ISDN y otras) a NGN, a través de interfaces abiertos y protocolos estándares.
Escalabilidad	De la infraestructura de red; esto implica permitir la ampliación de la red de acuerdo a las necesidades, teniendo en cuenta la cantidad de usuarios y la variedad de servicios a ofrecer.
Arquitectura funcional	Que soporta la conexión a red basada en tres modos de conmutación: de circuitos, de paquetes y de paquetes sin conexión
Distribución	La simultánea de diferentes servicios, como telefonía, televisión, acceso a Internet, datos y otros servicios de valor agregado.
Flexibilidad	Para distribuir solo los servicios que el usuario requiera, en cualquier combinación
Simplificar	Al máximo la administración, el mantenimiento y la distribución de los servicios
Redundancia	Configuraciones redundantes para asegurar alta tasa e disponibilidad de los servicios.
Ahorro	Mantenimiento y consumo de energía.

Fuente: Recomendación Y.200 – ITU

2.16.6. Componentes de una NGN

Softswitch

Es el principal dispositivo en la capa de control, encargado de proporcionar el control de llamada (señalización y gestión de servicios), procesamiento de llamadas, y otros servicios, sobre una red de conmutación de paquetes ver Tabla 6.

Tabla 6. Características del Softswitch

Características	Descripción
Control	De servicios de conexión asociados a las pasarelas multimedia (Media Gateways) y los puntos terminales que utilizan IP como protocolo nativo.

Capacidad	De proveer sobre la red IP un sistema telefónico tradicional, confiable y de alta calidad en todo momento y de transferir el control de una llamada a otro elemento de red.
Selección	De procesos en cada llamada
Enrutamiento	De las llamadas en función de la señalización y de la información almacenada en la base de datos de los clientes.
Interfaces	Con funciones de gestión como los sistemas de facturación y provisión.
Coexistencia	Con las redes tradicionales de conmutación.
Servicios	Voz, Fax, vídeo, datos y nuevos servicios que serán ofrecidos en el futuro
Dispositivos finales	Pueden ser; teléfonos tradicionales, teléfonos IP, computadores, beepers, terminales de video conferencia, etc.
Interoperabilidad	Libertad en la elección de productos de distintos fabricantes en todas las capas de la red.
Flexibilidad	Al soportar el desarrollo de equipos de telefonía de gran nivel.

Fuente: Estudio Integral de Redes de Nueva Generación y Convergencia – Imaginar

Terminales de los Usuarios

- Las interfaces de usuario final, son físicas y funcionales (control).
- Los Terminales son los sustitutos de los actuales teléfonos. Se pueden implementar tanto en software como en hardware. (Perca, Ganuza, & Vicens, 2012)
- Software son las aplicaciones o programas que permiten la comunicación vía Internet, pueden ser usadas simplemente a través de un computador o PC con el respectivo micrófono y los parlantes del mismo, proporcionando la misma experiencia que una llamada telefónica tradicional.
- Hardware se refiere a una amplia variedad de equipos terminales de usuario y básicamente a los Teléfonos IP, que permiten realizar llamadas telefónicas vía Internet.
- El teléfono IP está basado en el estándar ITU H.323 para VoIP.
- El software consiste de los siguientes grandes subsistemas: Interfaz de usuario, Procesamiento de Voz, Telephony Signaling Gateway, Protocolos de interfaz de Red, Agente administrador de Red, y servicios del sistema.

2.16.7. Arquitectura NGN

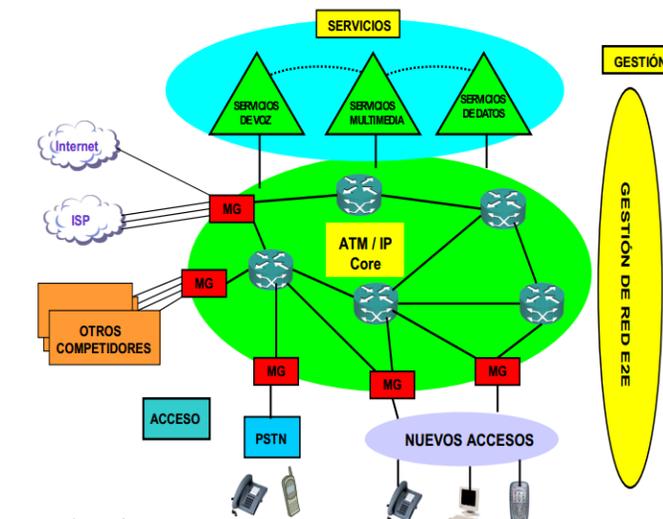


Figura 19. Arquitectura NGN

Fuente: <https://prezi.com/9dc0h9soxjw6/arquitectura-ngn/>

Las NGN requieren una arquitectura que permita la integración perfecta de servicios de telecomunicaciones tanto nuevos como tradicionales entre redes de paquetes de alta velocidad, Inter-operando con clientes que poseen capacidades distintas observe la Figura 19. (Perca, Ganuza, & Vicens, 2012). Para asegurar el éxito se basa en tres ejes fundamentales que son ver Tabla 7.

Tabla 7. Ejes fundamentales de la red NGN

Eje	Descripción
Tecnologías de la información	Se adoptan los protocolos de Internet SIP (HTTP, etc.), se integran las comunicaciones personales (voz, Mensajería, etc.) con las aplicaciones IT. Se aprovecha la mayor capacidad y flexibilidad de estos protocolos para la prestación de todo tipo de nuevos servicios multimedia.
Conectividad IP del cliente	La convergencia de accesos fijos y móviles definiéndose IMS como “agnóstico” al tipo de acceso, siempre que éste sea banda ancha.
Movilidad generalizada	Movilidad entre diferentes accesos de un mismo operador incluyendo el mantenimiento de las comunicaciones en itinerancia, la movilidad entre redes (deslocalización) y movilidad del cliente y sus aplicaciones entre diferentes terminales (móvil, PDA, PC, etc.).

Fuente: La próxima generación de redes, NGN, un trayecto hacia la Convergencia - Telefónica

2.16.8. Servicios Soportados por NGN

En la siguiente Figura 20, se muestra los servicios que son soportados por NGN:

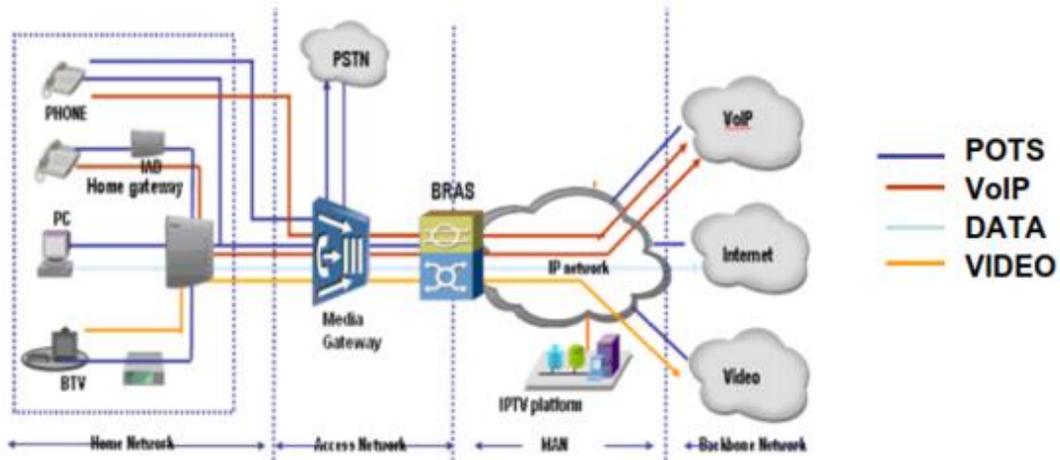


Figura 20. Servicios de NGN.
Fuente: www. Telecentros.pe

Servicios Multimedia

NGN soporta comunicaciones en tiempo real (diferentes a la voz).

Proveer comunicación extremo a extremo:

- Servicios de distribución de contenidos: radio y video streaming, música y video bajo demanda, distribución de imágenes profesionales y médicas, publicidad electrónica.
- Servicio de mensajería: mensajería instantánea (IM), servicio de mensajes corto (SMS), servicio de mensajes multimedia, etc.
- Servicios interactivos multimedia punto a punto: video, telefonía, conversación total, conferencia multimedia con compartición de archivos y aplicaciones (juegos, aprendizaje).
- Servicios de información: estado del tráfico en las carreteras, información de tickets de vuelo, etc.
- Servicios de difusión/multidifusión.
- Servicios basados en localización.
- Presionar y hablas (push to talk) sobre NGN.

Acceso a Internet

El acceso a Internet a través de medios existentes, así como la red core o núcleo NGN, que da transparencia en las comunicaciones extremo a extremo, interacción entre pares (peer to peer) y otros servicios dentro de los alcances de la NGN. (Perca, Ganuza, & Vicens, 2012)

Aspectos de servicio público

Cuando las NGN soporten servicios públicos, proveerán dichos servicios de acuerdo a las regulaciones nacionales, regionales, los tratados internacionales.

2.16.9. Protocolos utilizados en NGN

Protocolo SIP

SIP (Session Initiation Protocol), protocolo de señalización para conferencia, telefonía, presencia, notificación de eventos y mensajería instantánea a través de Internet.

Protocolo H.323

El estándar H.323 fue desarrollado para proveer a usuarios: tele-conferencias teniendo, capacidades de voz, video y datos sobre redes de conmutación de paquetes.

Megaco/H.248

Conocido también como MEGACO, es el resultado de la contribución entre la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y la IETF (Internet Engineering Task Force).(Perca, Ganuza, & Vicens, 2012)

Protocolo RTP Y RTCP (Transporte de voz y video)

El protocolo RTP provee transmisión de los datos en las en las aplicaciones de VoIP. La digitalización y compresión de la voz y el video lo realiza el CODEC, mientras que la señalización o establecimiento de llamada lo realiza el protocolo SIP.

Protocolo RSVP

Es un protocolo de control que permite reservar recursos alcanzando la calidad de servicio en las redes. Usadas en las aplicaciones de tiempo real.

Protocolo IP

Su función principal transportar datos bidireccionalmente de origen o destino mediante un protocolo no orientado a conexión que traslada paquetes conmutados a través de distintas redes. (Perca, Ganuza, & Vicens, 2012)

2.16.10. Ventajas e Inconvenientes de las NGN

Ventajas

- ✓ Disponibilidad de una gran variedad de servicios y fácil movilidad entre ellos, la posibilidad del usuario para elegir el tipo de acceso que más se adecue a sus necesidades ya sea atendiendo a criterios de precios, calidad del servicio, y la mayor velocidad de transmisión, entre otras.
- ✓ Las NGN permiten la convergencia de las comunicaciones fijas y móviles, permitiendo así que el usuario escoja acceso fijo o móvil o una combinación de ambas con las capacidades de transporte utilizando una única identidad como suscriptor. (Perca, Ganuza, & Vicens, 2012)
- ✓ Invierte en el desarrollo de la red gradualmente.
- ✓ Permite que el costo por abonado se ajuste a los servicios brindados.
- ✓ Reduce los costos operativos e incrementa la rentabilidad de los negocios.
- ✓ Dispone de una red con redundancia, lo que implica asegurar la disponibilidad permanente de los servicios y el incremento de la rentabilidad global del negocio.

Inconvenientes

La migración a NGN puede traer consigo un desarrollo desigual ya que se espera que las áreas densamente pobladas sean las primeras en ser atendidas, siendo

las rurales y más alejadas las últimas. Siguiendo este análisis, los consumidores con mayor capacidad de pago probablemente se moverán mucho más rápido a las NGN.

Estos inconvenientes pueden mitigarse si se realizan planeaciones de optimetría de las redes y aplicaciones innovadoras, ya que el acceso a NGN provee servicios en convergencia a costos más bajos, lo que constituiría una ventaja competitiva, aprovechable por parte de los operadores y los usuarios. (Suárez, 2012)

2.17. SDH (Synchronous Digital Hierachy)

La jerarquía digital síncrona (SDH). Es un sistema de transporte digital sincrónico diseñado para proveer una infraestructura más sencilla, económica y flexible para redes ópticas de telecomunicaciones de alta capacidad. Inicialmente SDH se desarrolló en EE. UU. Bajo el nombre de SONET o ANSI T1X1 y posteriormente el CCITT (Hoy UIT-T) en 1989 se definió con el nombre de SDH.

2.17.1. Jerarquía Digital Síncrona (SDH)

Actualmente SDH es la alternativa tecnológica de más futuro para la transmisión en las redes de comunicaciones. La tecnología PDH es todavía importante en la transmisión, al permitir separar el tráfico en canales de comunicación de baja velocidad (menores de 64 Kbps).

Es por esto que los equipos PDH se integran en el denominado acceso de usuario a las redes de transmisión en su jerarquía más baja (PDH a 2 Mbps). Las jerarquías síncronas de transmisión (SDH) significa la inmediata simplificación en el manejo de las infraestructuras básicas de comunicaciones utilizadas en redes extensas.

Las anteriores técnicas de (PDH) obligan a convertir todo el tráfico en bits de igual tamaño, a pesar de haber sido generado, con diferentes relojes, antes de multiplexarlos por los enlaces de alta velocidad. (Velasco, 2005)

2.17.2. Capas o Niveles de SDH

La jerarquía digital síncrona en términos de un modelo de capas ha sido dividida en cuatro niveles que están directamente relacionados con la topología de red, como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 8. Modelo de Capas de SDH

PSTN/ISDN	ATM	IP
VC-12	↓	↓
Encaminamiento (VC-N Layer)		
Sección de Multiplexación (Multiplexer Section)		
Sección de Regenerador (Regenerator Section)		
Interface Físico (Physical Interface)		

Fuente: [https:// www.sites.google.com/](https://www.sites.google.com/)

Interface Físico

En SDH este es el nivel más bajo, el cual representa el medio de transmisión. Este es usualmente fibra óptica o posiblemente un enlace de radio o un enlace satelital que incluye una especificación del tipo de fibra óptica que puede ser utilizada.

Sección de Regenerador

En esta capa se podrá especificar los niveles básicos de las tramas para convertir las señales eléctricas en señales ópticas.

Sección De Multiplexación

Este nivel es responsable de la sincronización, el multiplexado de los datos en las tramas, la protección de las funciones de mantenimiento y de la conmutación. (Velasco, 2005)

Encaminamiento (VC-4 Y VC-12 LAYER)

Los datos son ensamblados al principio y no son desensamblados ni es posible acceder a ellos hasta que no llegan al final, el mapeo es el procedimiento por el que

las señales tributarias, tales como PDH y ATM están empaquetadas en los módulos de transporte de SDH.

2.17.3. Estructura de la trama SDH

La trama elemental de SDH denominada STM-1. Está constituida por 270 columnas y 9 filas de bytes. Esta estructura de trama se repite cada 125 μ s, por lo que corresponde a una velocidad de transmisión básica de 155,52Mbps.

Características SDH

- ✓ *Simplificación de red:* Un multiplexor SDH puede incorporar tráficos básicos (2 Mbps en SDH) en cualquier nivel de la jerarquía, sin necesidad de utilizar una cascada de multiplexores, reduciendo las necesidades de equipamiento.
- ✓ *Fiabilidad:* En una red SDH los elementos de red se monitorean extremo a extremo y se gestiona el mantenimiento y la integridad de la misma.
- ✓ *Software de control:* La inclusión de canales de control dentro de una trama SDH posibilita la implementación de un software de control total de la red.
- ✓ *Sincronización:* Los operadores de red deben proporcionar temporización sincronizada a todos los elementos de la red para asegurarse que la información que pasa de un nodo a otro no se pierda.
- ✓ *Estandarización:* Esta estandarización permite a los usuarios libertad de elección de suministradores, evitando los problemas asociados a depender de una solución propietaria de un único fabricante.

2.17.4. Desventajas de una red SDH

- a) El entrelazamiento de bits hace que canales a 64 Kbits/s. pertenecientes a un tramo de tráfico solo se puedan dividir hasta que se demultiplexa a nivel de multiplex primario.

- b) Los canales de n 64Kbits/s que no se puedan incluir bajo el multiplex primario no se pueden tramitar de ninguna otra forma por la red.
- c) La información de mantenimiento no está asociada a vías completas de tráfico, sino a enlaces individuales, por lo cual el procedimiento de mantenimiento para una vía completa es complicado.
- d) Necesita sincronismo entre los nodos de la red, requiere que todos los servicios trabajen bajo una misma referencia de temporización.
- e) Se pierde eficiencia, ya que, el número de bytes destinados a la cabecera de sección es demasiado grande. (Velasco, 2005)

Aplicaciones SDH

- ✓ Reemplazo de las Redes Troncales Plesiócronas actuales.
- ✓ Redes Troncales por su uso como Bus o en configuraciones en anillo.
- ✓ Servicios de Banda Ancha (LAN, WAN).
- ✓ Soporte de Redes Multiservicios.

Selección de la tecnología

NG-SDH (Jerarquía Digital Síncrona de Nueva Generación)

Justificación de la selección

- ❖ Es necesario tomar en cuenta el aspecto técnico que es el factor más decisivo porque el presupuesto debe ajustarse al ya asignado por parte del área financiera y de acuerdo a la experiencia del personal de anillos metropolitanos se conoce que la inversión en cuento a las soluciones con DWDM o MPLS son considerablemente elevadas y no es necesario esa inversión por lo expuesto anteriormente.
- ❖ El uso de esta tecnología tiene una gran capacidad de expansión e interoperabilidad con otras tecnologías, lo que quiere decir que la red estará

totalmente preparada para la convergencia de servicio haciendo simplemente la integración de interfaces y tarjetas.

- ❖ Por último, se tomó la decisión de proponer esta tecnología puesto que se encuentra trabajando perfectamente en otras ciudades del país y por su desempeño, existe la seguridad del caso para que funcione de la misma manera en esta ciudad.

Trama elemental de SDH (STM-1)

Es la unidad de transmisión básica de la Jerarquía Digital Síncrona (SDH), que corresponde al primer nivel básico.

La transmisión se realiza bit a bit en el sentido de izquierda a derecha y de arriba abajo. La trama se transmite de 8.000 veces por segundo (cada trama se transmite en $125 \mu s = 1/8000 \text{Hz}$). Por lo tanto, el régimen binario es igual a:

$$8000 \times 270 \text{ octetos} \times 8 \text{ bits} \times 9 \text{ filas} = 155.520 \text{ kbps} = 155.52 \text{ Mbps (tasa de transmisión)}$$

STM-16 y STM-64 ofrecen una mayor tasa de transmisión y soporte a un mayor número de señales en su área de carga útil

Normativa de las interfaces

En el primer número se especifica las velocidades de la transmisión así se tendrá que 1, 4, 16, 64 identifican a STM-1, STM-4, STM-16 y STM-64 respectivamente observe la Tabla 9.

Norma Técnica

Tabla 9. Normas Técnicas de la Fibra Óptica

Norma	Descripción
UIT – G.650	Definición y método de prueba de los parámetros de las fibras monomodo.

UIT – G.652	Características de la fibra monomodo.
UIT – G.653	Características de un cable de fibra monomodo con dispersión desplazada.
UIT – G.654	Características de un cable de fibra monomodo con corte desplazada
UIT – G.655	Características de una fibra monomodo con dispersión diferente de cero.

Fuente: Recomendaciones F. O. -ITU.

La normativa también incluye la posibilidad de especificar el tipo de fuente que puede ser un LED, MLM (láser multimodo FP), (Láser monomodo) (Velasco, 2005)

Elementos de una red SDH

Los elementos de red son equipos localizados en cada nodo que pertenece a la red de transporte SDH realizan las funciones sobre el tráfico tales como multiplexión o routing.

Tipos de elementos de red

Solamente se considerarán tres tipos de elementos de red SDH: Sistemas de línea, multiplexores add-drop (ADM) y cross conectores digitales los mismos que se detallarán a continuación.

Terminales de línea: implementa la terminación de línea y la función de multiplexación de modo que su uso es típico en configuraciones punto a punto. Es un PTE (Path Terminating Element), concentra y agrega señales PEH y SDH (DS1, DS3, E1, STM-N, etc) observe la Figura 21.

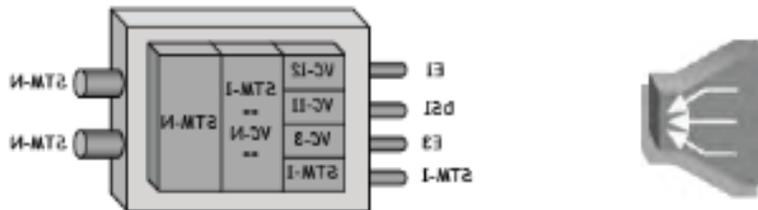


Figura 21. Terminal Multiplexor

Fuente: [https:// www.belarmino.galeon.com/](https://www.belarmino.galeon.com/)

Multiplexor Add-Drop (ADM): estos equipos ofrecen la función de cross conexión junto con la de terminal de línea y multiplexión es decir es un PTE que puede multiplexar la señales hacia o desde un STM-N ver Figura 22. Se extraen o insertan solo aquellas señales que se desean. El resto del tráfico continúa sin requerir ser procesado.

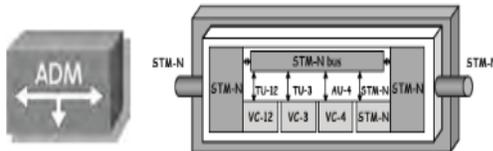


Figura 22. Multiplexor ADM

Fuente: <https://es.scribd.com/doc/8063476/Modelo-de-Redes>

Cross- Conectores Dedicados: se diferencian de los ADMs que detectan la presencia de supervisión de las conexiones. Los cross-conectores digitales (DXC), son los más complejos y costosos equipamientos DSH observe la Figura 23.

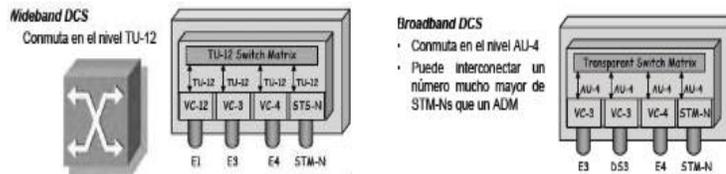


Figura 23 Conector de cross conexión digital

Fuente: <https://www.belarmino.galeon.com/>

Regeneradores y Repetidores: su principal función radica en extender la longitud de los tramos entre los nodos y por lo tanto realicen las funciones de intercambio de tráfico.

Amplificadores: los amplificadores ópticos son otra opción para extender el alcance de las señales ópticas. Estos trabajan como repetidores, reimpulsando la señal.

2.17.5 Arquitecturas de Protección en SDH

Una de las mayores ventajas introducidas con la aparición de SDH es la de incorporar una mejora considerable en la disponibilidad y fiabilidad global de red al introducir por primera vez mecanismos y técnicas de protección. (Velasco, 2005)

2.17.6. Esquemas de protección para enlaces punto a punto

Existen los siguientes esquemas de protección Conmutación de protección automático, Esquemas de protección en anillo y Protección en redes IP los mismos que se detallaran a continuación:

a. Conmutación de protección automático (Automatic Protection Switching) APS

APS es una tecnología creada para proveer recuperación de enlaces en caso de alguna falla, esto es posible teniendo dispositivos SDH en 2 pares de fibra distintas, uno de ellos (transmisor y receptor), es el que cursa el tráfico, y el otro par es usado para protección, el tramo que transporta el tráfico y el tramo de protección son enrutados sobre caminos físicos distintos para que la protección sea efectiva. Según Conmutación de protección automático existe Protección 1:1 y Protección 1:N los cuales se detallarán a continuación:

b. Protección 1:1

En protección 1:1, la señal en el punto de emisión es continuamente puenteada al nivel de los contenedores virtuales VC-4/STM-1, tanto en el tramo de transmisión como en el de protección, para que una carga idéntica sea transmitida sobre un par de fibras distintas hasta el punto de recepción, en este punto las señales son monitoreadas continuamente en caso de fallas observe la Figura 24. (Velasco, 2005)

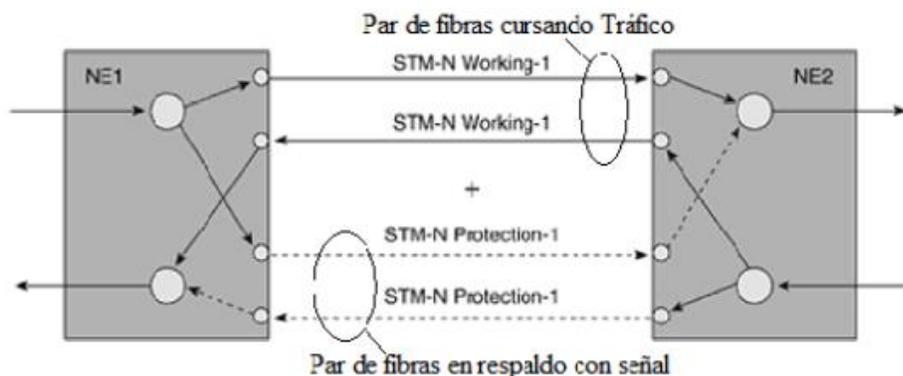


Figura 24. Esquema de protección 1+1 (1)
Fuente: <https://www.tlm.unavarra.es> (2008)

c. Protección 1: N

En este tipo de arquitectura de protección, el tráfico es transmitido en un tramo sencillo hasta que ocurre alguna falla, la protección es activada cuando esto ocurre. Como solo se protege un solo tramo a la vez, en caso de que falle más de un circuito, se debe establecer una prioridad entre los circuitos a proteger. En el caso 1: N existe un tramo de protección por cada N tramos que cursan tráfico, pero no existe tráfico en el tramo de protección ver Figura 25.

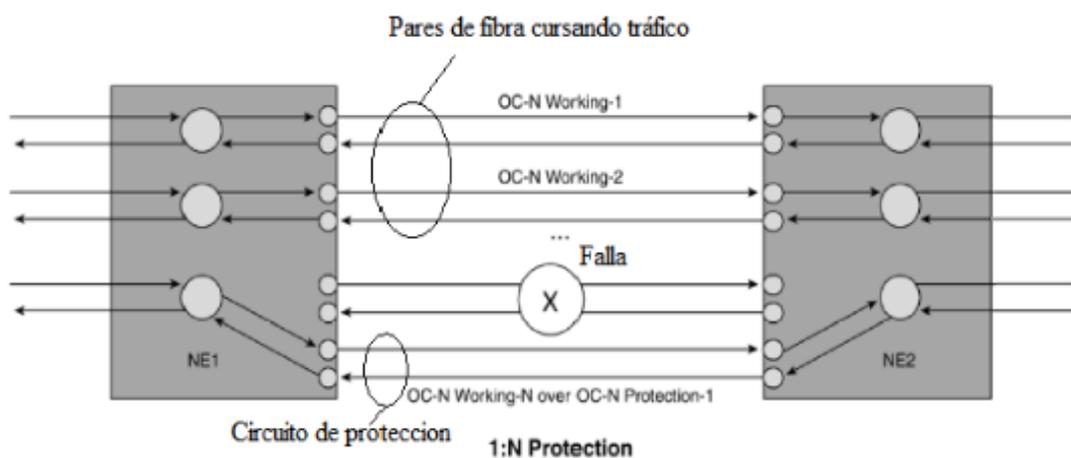


Figura 25. Esquema de protección 1: N (1)

Fuente: https://tln.unavarra.es/~daniel/docencia/rba/rba07_08/slides/24TopologiasSDH_1pp.pdf

2.17.7. Esquemas de protección en anillo

Esta topología presenta una serie de ventajas entre las que cabe destacar las siguientes:

- Para cada pareja de nodos que conecta el anillo, este proporciona dos caminos disjuntos
- Desde el punto de vista de conexión, los anillos permiten conectar un conjunto elevado de nodos con un único anillo físico de fibra.

c) Los anillos SDH instalados actualmente se denominan auto-recuperables, ya que incorporan mecanismos de protección que detectan automáticamente los fallos y reencaminan rápidamente el tráfico fuera de la ruta afectada hacia otras.

a. Subnetwork Connection Protection

Cada pareja de nodos en el anillo está unida por una fibra que se emplea como fibra de trabajo y otra que actúa como fibra de protección.

La protección se implementa a nivel de camino o sección de canal de SDH. Para ello el nodo B monitoriza de forma continua el estado de las conexiones SDH de la fibra de trabajo y protección y selecciona la mejor que proviene de las dos conexiones. Si se produce un fallo (ejemplo en el enlace A-B) entonces B conmuta a la fibra de protección y continúa recibiendo tráfico. (Velasco, 2005)

Las Características más significativas son:

- Protege frente a fallos en enlaces, transmisores/receptores y nodos.
- La capacidad requerida para protección es igual a la de trabajo.
- No se reutiliza especialmente la capacidad de la fibra: cada conexión (bidireccional)
- Según Subnetwork Connection Protection existe la protección MS-SPRING/4 y MS-SPRING/2 los mismos que detallaremos a continuación:

b. MS-SPRING/4

SPRING identifica, dentro de las redes SDH a un anillo con protección compartida (“Shared Protection RING”).

Cada pareja de nodos en el anillo está unida por dos fibras de trabajo que transportan la información en direcciones opuestas y otras dos que actúan como fibras de protección, transportando la información en direcciones opuestas observe la Figura 26.

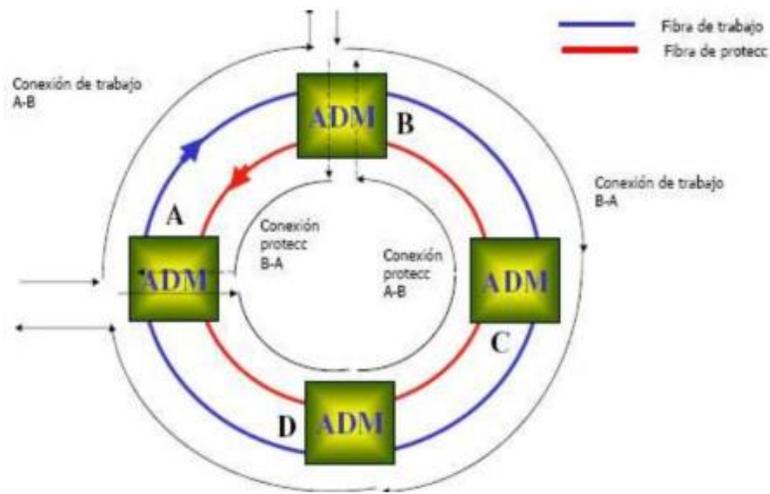


Figura 26. Funcionamiento del esquema de protección SNCP

Fuente: <https://arantxa.ii.uam.es> (2008)

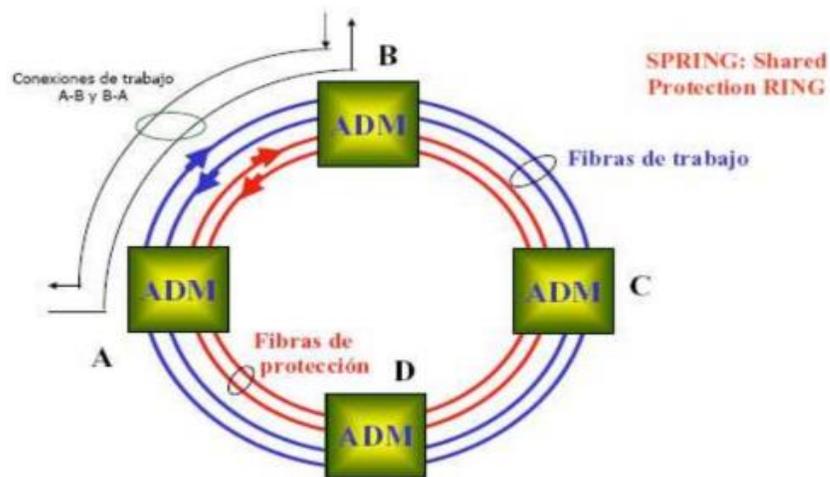


Figura 27. Anillo de cuatro nodos sobre el que se implementa un esquema de protección MS

Fuente: <https://arantxa.ii.uam.es> (2008)

MS-SPRING/4 admite dos formas de protección: conmutación de enlace (“Span switching/4”) y conmutación de anillo (Ring switching). En la Figura 27 se ilustra la activación del mecanismo de protección por conmutación de enlace.

c. MS-SPRing/2

Es similar a MS-SPRing/4, pero con la diferencia que las fibras de trabajo y la protección no se diferencian entre sí, es decir, las fibras de protección están

embebidas en las propias fibras de trabajo. Su forma de operar es que: la capacidad de cada fibra se divide en dos mitades: una mitad para tráfico y otra para protección.

2.17.8. Protección en redes IP

Las redes Ip proporcionan un servicio de tipo “best effort”. El encaminamiento de paquetes es de carácter dinámico y se realiza salto a salto, ya que cada router mantiene una tabla que le indica el router (o posible routers) próximo en función del destino de los paquetes que a él llegan. (Velasco, 2005)

En general, la detección de fallos por parte de los routers IP del núcleo de la red viene a tardar unos 10 seg. Para bajar este intervalo de tiempo es necesario que IP delegue en otras capas, tales como SDH o la capa óptica la detección de fallos.

2.18. Redes NG-SDH

2.18.1. Características de NG-SDH

SDH es capaz de combinar transporte y aplicaciones de datos en una forma única y en el apoyo a dirección de operaciones de punta a punta, multiplexación de servicios, servicios de multipunto, y clase del servicio, desarrollo de redes de transmisión Multiservicio, etc., usando una nueva generación de infraestructura Sonet como el medio de unificación para protocolos y servicios.

- Multiservicio que aprovisiona plataforma (MSPP): incluye la multiplexación SDH, a veces con más puertos de Ethernet, a veces multiplicación de paquete y conmutación, a veces WDM. La integración de capa óptica se lleva a cabo con una solución de capa óptica pasiva o activa. (Perca, Ganuza, & Vicens, 2012)
- Multiservicio que cambia plataforma (MSPP): un MSPP con una capacidad grande para conmutación de TDM, es la respuesta en el corazón de metro.

2.18.2. Ventajas

Cada trama puede hacer distribuir su capacidad a través de fibras múltiples, gracias al uso de la memoria adaptable y parachoques. El Encadenamiento Virtual tiene a menudo acciones de palanca X.86 e incluye protocolos (GFP) a fin de trazar un mapa de cargas útiles de ancho de banda arbitraria en el contenedor, prácticamente concatenado.

2.18.3. Inconvenientes

Inflexibilidad: según los datos y mezcla de tráfico de voz que debe ser llevada, puede haber una cantidad grande del ancho de banda no usado, debido a los tamaños fijos de contenedores concatenados.

El esquema de ajuste de capacidad de eslabón (LCAS), tiene en cuenta el cambio dinámico del ancho de banda para concatenar contenedores de multiplicación basados en necesidades de ancho de banda a corto plazo en la red. (Perca, Ganuza, & Viecens, 2012)

2.18.4. NG-SDH como servicio

Es capaz de combinar transporte y aplicaciones de datos en una forma única. La aplicación más conocida es Ethernet (GFP), de 10 Mbps hasta Gigabit Ethernet aunque también cubre a otros como Canal de Fibra y Emisión de Vídeo Digital ver Figura 28.

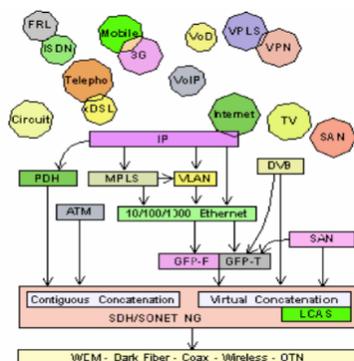


Figura 28. NGN como servicio.

Fuente: <https://arantxa.ii.uam.es> (2008)

2.18.5. Requerimientos para la red NG-SDH

- a. El diseño de la red NG-SDH basada en la topología anillo cuyo esquema físico y de las capacidades e interfaces de cada nodo y sus secciones, así como de los métodos de protección y presupuesto de potencia óptica.
- b. Los equipos NG-SDH equipados de hasta un 75 por ciento de su capacidad máxima, que garantice futuras ampliaciones.
- c. Un equipamiento con tecnología actual, el cual debe poseer un total de redundancia de las fuentes de potencia y tarjetas comunes, con una disponibilidad superior al 99,999%.
- d. El equipamiento no debe tener puntos de falla que afecte el tráfico.
- e. Los multiplexores ADM NG-SDH que forman la topología de anillos con protección MS-SPRing a 2 fibras a nivel STM-64 según corresponda y un enlace punto a punto de capacidad STM-16 con protección 1+1 MSP.
- f. Protección 1+1 de interfaces ópticas STM-64, STM-16, STM-4, STM-1; protección 1+1 de tarjeta para los servicios GE, protección 1:N para los tributarios E1, DS3 y FE; protección 1+1 de matriz de Cross-Conexión, controladora y fuentes de poder. (Perca, Ganuza, & Viencens, 2012)

La implementación de la red de transmisión NG-SDH se la realizará a través de fibra óptica instalada en la provincia de Chimborazo en red de transmisión. Según el estudio realizado el proyecto deberá incluir las siguientes pautas a ser consideradas como se indica en la Tabla 10:

Tabla 10. Requerimientos de Red

Características	Descripción
Multiplexión digital	Permite que las señales de comunicaciones analógicas sean portadas en formato digital sobre la red. El tráfico digital puede ser portado eficientemente y permite monitorización de errores, para propósitos de calidad.
Fibra óptica	Es el medio físico en las redes de transporte actuales. Tiene mayor capacidad lo que conduce a una disminución de los costes asociados al transporte de tráfico.

Esquemas de protección	Éstos han sido estandarizados para asegurar la disponibilidad del tráfico. Si ocurriera una falla o una rotura de fibra, el tráfico podría ser conmutado a una ruta alternativa, de modo que el usuario final no sufriera disrupción alguna en el servicio.
Topologías en anillo	Si un enlace se perdiera, hay un camino de tráfico alternativo por el otro lado del anillo. Los operadores pueden minimizar el número de enlaces y fibra óptica desplegada en la red.
Gestión de red	Respaldo es una prestación importante para los operadores. Se ha desarrollado software que permite gestionar todos los nodos y caminos de tráfico desde un único computador.
Sincronización	Operadores de red deben proporcionar temporización sincronizada a todos los elementos de la red para asegurarse que la información que pasa de un nodo a otro no se pierda.

Fuente:http://taltechnologies.net/?page_id=1241

2.18.6. Características del equipo NG-SDH

- ✓ El multiplexor NG SDH debe tener obligatoriamente capacidad de conexión cruzada a los niveles VC-12, VC-3 y VC-4 y podrá multiplexar y demultiplexar señales de 2/34/45/140Mbps, STM-1 eléctrico y óptico, en una trama SDH STM-N, también debe poder realizar concatenaciones de los niveles VC necesarios para obtener cross conexiones a nivel de Ethernet, FastEthernet, Gigabit Ethernet y Terabit Ethernet.
- ✓ El equipo debe funcionar en configuración: terminal (TM), cross-conector local (DXC) y de extracción/inserción (ADM) en conexiones lineales y de anillo.
- ✓ En todas las aplicaciones, el equipo NG-SDH debe tener una matriz de Cross-Conexión mínima de acuerdo con la normativa.
- ✓ NG-SDH debe soportar funcionalidades EoS para el transporte estándar y optimizado de tráfico Ethernet sobre SDH y debe soportar mecanismos de transporte de datos, como: GFP (Generic Frame Procedure) de acuerdo con la Recomendación UIT-T G.7041; LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme) de acuerdo a la Recomendación UIT-T.
- ✓ G.7042; VCAT (Virtual concatenation).
- ✓ Se debe poder realizar conexiones a nivel de VC-12, VC-3 y VC-4, con señales bidireccionales, punto a punto y señales unidireccionales, punto a punto y punto -

multipunto, conexiones en bucle de señales en paso y la funcionalidad de Drop & Continue.

- ✓ Las interfaces de 2 Mbps son requeridas para las señales: estructuradas o no.
- ✓ Debe manejar VLANs. (Perca, Ganuza, & Vicens, 2012)
- ✓ El equipo de SDH debe agregar un switch capa 2 (L2) capaz de añadir y conmutar servicios Ethernet y ser una solución de infraestructura para soportar servicios como Ethernet Private LAN, Ethernet VPN, ATM y MPLS.

2.18.7. Tarjetas de protección en los equipos multiplexores NG-SDH

Todos los equipos NG-SDH deben tener como mínimo las siguientes unidades fundamentales duplicadas: controladora, fuentes de alimentación, matriz de cross conexión y reloj.

2.19. Interfaces Externas

Se requiere la protección (1+1) de tipo MSP (Multiplex Section Protection) en diferente tarjeta. Todos los puertos deben estar equipados con módulos SFP. Todos los puertos correspondientes a las tarjetas e interfaces deben estar cableados y conectorizados en el ODF destinado a servicios SDH observe la Tabla 11.

Tabla 11. Características Interfaces externas

Interfaz	Características
STM-64	El equipo ADM requerido debe ser equipado con interfaces ópticas de línea STM- 64 de acuerdo a la recomendación UIT-T G.691
STM-16	La interfaz STM-16 operará a 2,5 Gbit/s según recomendaciones de la ITU G.957
STM-4	El equipo NG-SDH debe poder equiparse con unidades de interfaz óptica STM-4 que operarán en 622 Mbps según la recomendación UITT G.957.
STM-1	La interfaz óptica STM-1 operará en 155,520 Mbps.
Interfaz E1	<ul style="list-style-type: none"> ○ El interfaz E1 del multiplexor NG SDH operará a 2,048 Mbps. ○ La densidad de puertos por tarjeta no será inferior a 63 E1, no se aceptará solo tarjetas de control sin sus correspondientes interfaces de puertos físicos E1. ○ Se requiere de protección 1 a N (1:N) de tarjeta.
E3/DS3	<ul style="list-style-type: none"> ○ La interfaz E3/DS3 del equipo operará a 34/45 Mbps. ○ Estarán disponibles con impedancia de 75 Ω desbalanceados, conectores tipo BNC con punto de monitoreo y cableadas a un DDF.

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Se requiere de protección 1 a N (1:N) de tarjeta.
Fast Ethernet (10/100 Mbps)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Las tarjetas suministradas deberán trabajar con Protocolos y funcionalidades de capa 1, 2 y hasta 3 para manejar paquetes MPLS, VLAN y RSTP, de manera transparente y permitiendo el uso del 100% de la capacidad de la interfaz con una MTU mínimo de 2000 bytes. ○ Las tarjetas Fast Ethernet deben tener las siguientes funcionalidades necesariamente: GFP, LCAS, VCAT. Debe manejar redes virtuales (VLANs) ○ Se requiere de protección 1 a N (1:N) de tarjeta. ○ Todos los puertos de las tarjetas de Interfaz FastEthernet deben ser cableados desde el equipo a un patch panel, con conectores RJ45.
Interfaz Gigabit Ethernet (1 Gbps)	<ul style="list-style-type: none"> ○ El equipo NG SDH se debe equipar con interfaz Gigabit Ethernet (1Gbps). ○ Las tarjetas suministradas deben trabajar con Protocolos y funcionalidades de capa 1, 2 y hasta 3 para manejar paquetes MPVLAN y RSTP, de manera transparente y permitiendo el uso del 100% de la capacidad de la interfaz con un MTU mínimo de 2000 bytes. ○ Se requiere de protección 1 más 1 (1+1) de tarjeta. ○ Las tarjetas GE deben tener las siguientes funcionalidad de necesariamente: GFP.

Fuente: Elaborado por el autor.

2.20. Sincronización

- Las unidades de reloj del equipo NG SDH cumplirán con el estándar UIT-T G.813.
- El equipo debe procesar los mensajes de sincronización SSM (byte S1).
- En modo “handover” el reloj interno del equipo garantizará una desviación de frecuencia menor de 1 ppm durante las primeras 24 horas.
- El equipo NG SDH se sincronizará desde al menos las siguientes fuentes:
- Señal STM-N (N = 1, 4,..), Señal de 2 Mbps, Una señal externa de 2 MHz o 2Mbps, 75 ohms desbalanceada.
- Se debe poder establecer una tabla de prioridades de las fuentes desincronización.
- Se requiere la protección 1 más 1 (1+1) para la tarjeta de reloj de equipo, excepto en el caso en que el reloj se encuentre incluido en una de las tarjetas que se solicitan duplicadas. (Váscone & Masabanda, 2013)

2.20.1. Red de Sincronismo

- La CNT E.P. suministra la unidad maestra de reloj de referencia en la central Riobamba Centro, equipada con un reloj de estrato 1, el cual se distribuye a los diferentes elementos de red.
- Supervisión automática de la calidad de la señal de sincronismo.
- Selección automática de la fuente de sincronismo, tomando en consideración una lista de prioridades y de acuerdo con criterios de calidad definidos en las señales recibidas

2.21. Distribuidores digitales DDF, distribuidores ópticos ODF y cableados

En todas las estaciones se debe considerar el suministro de distribuidores DDFs, distribuidores ópticos ODF, patch panel para los salones de transmisión y sus aditamentos, así como de todos los cables, escalerillas, herrajes, conectores, etc. necesarios, al igual que los servicios de instalación respectivos, para la terminación de todos los tributarios de 2 Mbps, 10/100Mb/s y 34/45Mb/s de cada estación en un Distribuidor Digital DDF y patch panel.

2.22. Arquitectura de red

Las Redes ópticas deben soportar conexiones de redes punto a punto y anillo, y permite la conectividad entre anillos, mallas y topología de estrella mientras provee la combinación de redes de banda ancha y transporte óptico observe la Figura 29.



Figura 29. Arquitectura de redes.

Fuente: <https://itu.int/rec/T-REC-G.872/es>

El subsistema tributario permite proveer de forma directa de una variedad de servicios desde conexiones LAN, IP y servicios ATM hasta los tradicionales

servicios de voz, porque múltiples servicios pueden ser adaptados a un formato común y de esta forma se conforman los paquetes y son multiplexados para que los recursos se puedan compartir eficazmente.

Equipos utilizados en las redes ópticas

Amplificador óptico (EDFA): Dispositivo que amplifica una señal óptica directamente, sin la necesidad de convertir la señal al dominio eléctrico, amplificar en eléctrico y volver a pasar a óptico.

Multiplexores Add/Drop: El multiplexor de extracción-inserción (ADM) permite extraer en un punto intermedio de una ruta parte del tráfico cursado y a su vez inyectar nuevo tráfico desde ese punto.

Transconectores Ópticos (Cross-Connect Óptico u OXC): Es un aparato que utiliza las telecomunicaciones, para las compañías del interruptor de alta velocidad de las señales ópticas en una fibra óptica de la red. (Escalante, 2010)

2.23. Redes PON (Passive Optical Network)

Las Redes PON son alternativas de solución gracias a su robustez y ancho de banda ilimitado, además porque su costo contenido en equipamiento electroóptico y la eficiencia de las topologías árbol-rama aportan un incentivo adicional frente a los despliegues tradicionales basados en conectividad punto a punto.

Ventajas:

- ✓ Permiten atender a usuarios localizados a distancias de hasta 20Km desde la central (O nodo óptico), dicha distancia supera con creces la máxima cobertura de las tecnologías DSL. (Máximo 5Km desde la central)
- ✓ Minimizan el despliegue de fibra en el bucle local al poder utilizar topologías árbol-rama mucho más eficientes que las topologías punto a punto, además de que este

tipo de arquitecturas simplifica la densidad del equipamiento de central, reduciendo el consumo.

- ✓ Ofrecen una mayor densidad de ancho de banda por usuario debido a la mayor capacidad de la fibra para transportar información que las alternativas de cobre.
- ✓ Elevan la calidad del servicio y simplifican el mantenimiento de la red, al ser inmunes a ruidos electromagnéticos, no propagar las descargas eléctricas procedentes de rayos, etc.
- ✓ Las Redes PON permite crecer a mayores tasas de transferencia superponiendo longitudes de onda adicionales. (Escalante, 2010)

Nuevo modelo para Red de Transporte

IP, ATM, SDH y DWDM son las capas en donde, IP es portador de la inteligencia y la capa de ATM, por su parte, garantiza la calidad de servicio (QoS); SDH asegura la fiabilidad pues contiene los mecanismos para la recuperación ante fallas, mientras que DWDM añade una alta capacidad de transporte como se ilustra en la Figura 30.

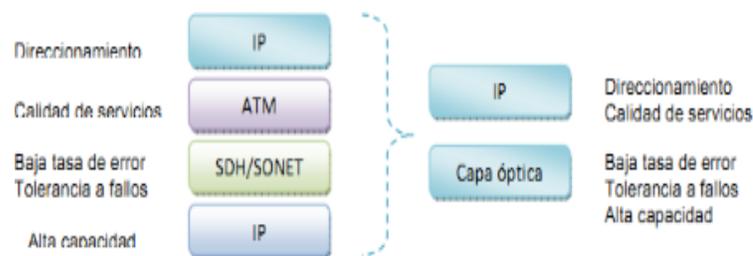


Figura 30. Modelo de red de Transporte

Fuente: [https:// es.scribd.com/doc/8063476/Modelo-de-Redes](https://es.scribd.com/doc/8063476/Modelo-de-Redes)

2.24. ATM (Asynchronous Transfer Mode)

ATM permite a las redes utilizar los recursos de banda ancha con la máxima eficacia y mantener al mismo tiempo la calidad de servicio (QoS) para los usuarios y programas con unos requisitos estrictos de funcionamiento. (Calle & Peñafiel, 2012)

Características

- ✓ Es un modo de transferencia orientado a la conexión, es decir, cada llamada se constituye en un canal virtual en el multiplex ATM.
- ✓ Es una técnica orientada a paquetes, en la que el flujo de información se organiza en bloques de tamaño fijo y pequeño, que reciben el nombre de celdas.
- ✓ Las celdas se transfieren usando la técnica de multiplexación asíncrona por división en el tiempo necesario.
- ✓ Es un modo de transferencia orientado a la conexión, es decir, cada llamada se constituye en un canal virtual en el multiplex
- ✓ Se garantiza la secuencia de entrega de las células transmitidas por el mismo canal virtual
- ✓ No existe protección contra errores ni control de flujo en la transferencia de información entre los enlaces. Estos se realizan extremo a extremo entre los terminales de manera transparente a la red, aunque existe un control del tráfico y la congestión en la red.

Aplicaciones

- ✓ Telefonía: Servicio de Audio
- ✓ Video Telefonía: Servicios de Audio y Video Standard
- ✓ TV de Definición Standard: Servicio de Datos
- ✓ Teletexto, audio, video, video librería, Datos de alta velocidad IP (Internet Protocol)

2.25. Internet Protocol (Protocolo de Internet)

IP es un protocolo no orientado a conexión usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados. Ip es el protocolo de mayor empleo en la actualidad en las redes. Es una tecnología que está diseñada para trabajar sobre un conjunto diverso de protocolos de enlace de datos como Ethernet, Token Ring, etc. También opera sobre las líneas

de fibra de alta velocidad empleando PPP y HDCL como se ilustra en la Figura 31. (Calle & Peñafiel, 2012)



Figura 31. Tecnologías en las capas OSI
Fuente: [https:// belarmino.galeon.com/](https://belarmino.galeon.com/)

Características IP

- ✓ IP provee un servicio de datagramas no fiable (también llamado del mejor esfuerzo (besteffort), lo hará lo mejor posible, pero garantizando poco).
- ✓ IP no provee ningún mecanismo para determinar si un paquete alcanza o no su destino y únicamente proporciona seguridad.
- ✓ Si la información a transmitir ("datagramas") supera el tamaño máximo "negociado" (MTU) en el tramo de red por el que va a circular podrá ser dividida en paquetes más pequeños, y re ensamblada.

2.26. MPLS (MultiProtocol Label Switching)

Características de MPLS

- ✓ Ofrece servicio no orientado a conexión mediante transporte de datagramas, no mantiene un "estado" de la comunicación entre nodos.
- ✓ MPLS es una tecnología de conmutación que proporciona circuitos virtuales en redes
- ✓ Introduce una serie de mejoras respecto a IP: Redes privadas virtuales y TE.

- ✓ El camino que sigue está prefijado desde el origen (se conoce los saltos): Usa etiquetas para identificar cada comunicación y en cada salto se puede cambiar de etiqueta (similar que VPI/VCI en ATM, o que DLCI en FrameRelay).
- ✓ Las etiquetas con el mismo destino tratamiento se agrupan en una etiqueta, dichas etiquetas se pueden apilar, de modo que se puede encaminar de manera jerárquica.

Aplicaciones de MPLS

- ✓ Redes de alto rendimiento:

Decisiones de encaminamiento que toman los routers MPLS en base a la LIB son sencillas y rápidas respecto a las que toma un router IP ordinario (la LIB es más pequeña que una tabla de rutas normal).

- ✓ Ingeniería de Tráfico:

Planificación de rutas en una red en base a previsiones y estimaciones a largo plazo con el fin de optimizar los recursos y reducir congestión.

- ✓ Soporte multiprotocolo. (Calle & Peñafiel, 2012)

2.27. Fundamentos de una Red de Fibra Óptica

2.27.1. Ingeniería del Tráfico

En la telefonía o en general en las telecomunicaciones se denomina a la ingeniería o gestión de tráfico a diferentes funciones necesarias para la planificación, el diseño, la proyección, el desarrollo, y la supervisión de las redes de las telecomunicaciones en las condiciones óptimas de acuerdo a la demanda de los diferentes servicios. (Escalante, 2010)

2.27.2. Calidad de Servicio (QoS)

La calidad de Servicio (“QoS”, Quality of Service), es la tecnología que garantiza la transmisión de cierta cantidad de la información en un tiempo dado

(through put), es decir e la capacidad de dar un óptimo servicio, especialmente para ciertas aplicaciones tales como las transmisiones de la voz y el video.

2.27.3. Clase de Servicio (CoS)

El campo especifica con un valor de prioridad de entre 0 y 7 e inclusive que puede ser usado por la Calidad de Servicio (QoS), de las disciplinas para diferenciar el tráfico, mientras que la clase del servicio sólo funciona en Ethernet en la capa de enlace de datos, mientras que los otros mecanismos de QoS (como DiffServ) operan en la capa de red y más.

2.27.4. Acuerdo del nivel de servicio (SLA)

El ANS es una herramienta de ayuda para ambas partes para que llegue a un consenso en los términos del nivel de la calidad del servicio, en aspectos tales como tiempo de respuesta, la disponibilidad horaria, la documentación disponible, el personal asignado al servicio, etc, es decir básicamente el ANS que define la relación entre ambas partes el proveedor y el cliente. (Escalante, 2010)

2.28. Fibra Óptica para el Servicio de Tripple Play

2.28.1. Paquete Tripple Play

El paquete tripple play consiste en la oferta a los usuarios de tres servicios de telecomunicaciones que son la telefonía, televisión y datos.

Telefonía. - Este servicio es quizá el más primitivo dentro de las telecomunicaciones y consiste en la comunicación hablada entre dos puntos terminales que acceden a través de la PSTN y posee un canal dedicado.

Televisión. – Es el servicio de señales de video y de voz bajo la metodología de difusión, en donde se otorga al cliente un número determinado de canales nacionales e internacionales. Puede realizarse bajo protocolos estándares o por medio de

protocolos como IPTV; los formatos existentes difieren entre sí en la tasa de transmisión que depende directamente de la calidad de video y voz.

Datos. – Se considera como la velocidad o transferencia en tas de datos medida en bits por segundo (bps) de subida y bajada, con la que el cliente navega a través de la red internet. (Carrion & Cevallos, 2011)

2.28.2. Parámetros de tráfico de servicio Tripple Play

Los parámetros que se deben tomar y tener en cuenta para el cálculo del tráfico son los siguientes:

Calidad de servicio de telefonía IP.

La calidad del servicio posee los siguientes umbrales considerados:

Máximo Jitter: Parámetro que más influye en la calidad de voz IP, es el promedio de diferencias de latencia comprendiendo entre 5 y 7 ms.

Máxima Latencia: Retardo de la llegada de paquetes en voz IP máximo 100ms

Máxima Pérdida de Paquetes: Máxima del 2%.

MOS: Parámetros asociados al cálculo de calidad de voz IP.

Codificadores de Voz.

La voz al ser una señal analógica se necesita digitalizarla, paquetizar y transmitirla a través de la red, para realizar este procedimiento se posee codecs.

Codecs.

Su función esencial es la de adecuar la información analógica de voz a un formato digitalizado, que comprime la señal de tal forma que se usa una menor cantidad en la tasa de datos. (Carrion & Cevallos, 2011)

Wafeform (forma de onda): MOS (4.3 – 4.7) Excelente calidad de voz, poco retardado, pero ocupa mayores tasas de datos, como pueden ser el códec G.711.

Parámetros: MOS (3.5 – 3.7) Pobre – Aceptable calidad de voz, alto retardo, utilizando poca tasa de dato, por ejemplo, el códec G.723

Híbridos: MOS (3.9 – 4.2) Aceptable – Excelente calidad de voz, poco retardo, consumen poca tasa de datos como, por ejemplo, el códec G.729.

Cada paquete tiene un tamaño de 53 bytes de los cuales se dividen en:

Header. – Usa 5 bytes del paquete, el cual comprende identificación del canal, detección de errores y si está con información válida o no.

Payload. – Tiene 48 bytes que contienen datos de información del usuario.

2.29. Servicios Futuros

Con este nuevo diseño se podrá brindar los siguientes servicios TRIPLE PLAY, CUÁDRUPLE PLAY, TELEVIGILANCIA, WEBHOSTING, etc. Los mismos que se detallan en la Tabla 12 a continuación:

Tabla 12. Servicios Futuros.

Servicios	Características
Tripple Play	El Tripple Play es la convergencia de los medios a través de una misma red y medio de comunicación. Se define como la transmisión de servicios de voz, Banda ancha y audiovisuales, ya sean canales de TV y pago por visión (PPV), por un mismo medio físico. En Tripple Play la conexión se basa en paquetes IP para todos los servicios, sobre una red de próxima generación NGN; es decir los servicios de voz, video y datos son transmitidos a través de internet.
Cuádruple Play	Es un término de marketing que combina el tripple play de servicios de acceso a Internet de banda ancha, televisión y teléfono con prestaciones de servicios Wifi.
Televigilancia	Este término se refiere a vigilar por Internet mediante cámaras de vigilancia o cámaras de seguridad, servidores web de video, grabador digital, cualquier lugar que necesite supervisión sin

	presencia. Un sistema completo de vigilancia remota a distancia por Internet, no necesita un ordenador para transmisión de imágenes y sonido a través de Internet, tampoco para su visualización.
Webhosting	El alojamiento web (en inglés web hosting) es el servicio que provee a los usuarios de Internet un sistema para poder almacenar información, imágenes, vídeo, o cualquier contenido accesible vía Web.

Fuente:http://taltechnologies.net/?page_id=1241

2.30. Análisis de Requerimientos

2.30.1. Características del Cable de fibra óptica.

En el proyecto se utilizará dos tipos de fibra óptica monomodo G655C, canalizada y aérea, los enlaces canalizados serán SUPERTEL – Nodo Sur y Nodo Sur – La Libertad y el resto de nodos sus enlaces serán de forma aérea.

2.30.2. Características del cable de fibra óptica canalizado

Tipo de cable de fibra óptica: mono modo

Normativa: G655C.

A lo largo del cable se grabará en intervalos de 1m, de forma indeleble con suficiente resistencia a la abrasión mecánica, grabado y pintado de color blanco, las siguientes inscripciones:

CNT EP.

Código del cable del fabricante.

Código de identificación de la bobina.

Marcación secuencial en metros, comenzando de cero en cada bobina.

Cantidad y tipo de fibras.

Nombre del fabricante.

Año de fabricación

Se colocará una tarjeta plástica que contenga recomendaciones de manipuleo correcto del carrete y como documentación técnica del cable por cada bobina se

requiere la siguiente información, misma que debe ser entregada a CNT EP en forma digital y en papel:

Valores de atenuación
Uniformidad de atenuación de cada una de las fibras
Certificados de ensayos de calidad
Mediciones efectuadas por el fabricante.

La fibra óptica que al momento utiliza la CNT EP Chimborazo para sus enlaces debe cumplir como requerimiento con uno de los siguientes estándares de acuerdo al diseño y las aplicaciones para las que se vaya a construir el enlace: (Escalante, 2010)

- Recomendación ITU-T G.652D “Standard for non-dispersion shifted single-mode fiber”

2.30.3. Cable de fibra óptica aéreo

Se utiliza este tipo de cable en lugares en los que existe postería o se haya proyectado la instalación de la misma y que para el presente estudio está ubicado en los tramos que comprende desde el barrio La Libertad – San Luis – Santa Bárbara – Punín – Pompeya – Licto – Repetidor Tulabug (Nodo B) - SUPERTEL. A lo largo del cable se grabará en intervalos de 1m, de forma indeleble con suficiente resistencia a la abrasión mecánica, grabado y pintado de color blanco, las siguientes inscripciones:

CNT EP.
Código del cable del fabricante.
Código de identificación de la bobina.
Marcación secuencial en metros, comenzando de cero en cada bobina.
Cantidad y tipo de fibras.
Nombre del fabricante.
Año de fabricación.

Se colocará una tarjeta plástica que contenga recomendaciones de manipuleo correcto del carrete y como documentación técnica del cable por cada bobina se requiere la siguiente información, misma que debe ser entregada a CNT EP Chimborazo en forma digital y en papel:

Valores de atenuación
 Uniformidad de atenuación de cada una de las fibras
 Certificados de ensayos de calidad
 Mediciones efectuadas por el fabricante

2.30.4 AMG'S que integran cada uno de los nodos.

Existen varios subtipos de Access Media Gateways, mostrando diferentes acercamientos a las redes de telecomunicaciones. Un subtipo muy importante son las Pasarelas de Acceso Multi-servicio MSAG (Multiservice Access Gateway), también conocida como Nodos de Acceso Multi-servicio MSANs (Multiservice Access Nodes), los cuales brindan servicios de banda ancha y Triple Play, soportando una migración fluida a tecnologías NGN. En cada uno de los diferentes nodos que componen la red de la CNT EP Chimborazo conectan varios puntos, los cuales permiten la conexión a los diversos abonados, estos puntos son los denominados AMG's que incluyen equipos MSAN UA5000; en la actualidad con un incremento en la demanda de servicios tales como voz, datos, video, y multimedia, la necesidad de equipamiento para la red de acceso de larga capacidad, y servicios de alta calidad y capacidad es imperativa debido a esto los mencionados equipos nos permiten lograr dichos requerimientos. (Escalante, 2010)

2.30.5. Arquitectura del sistema del Optix OSN 3500

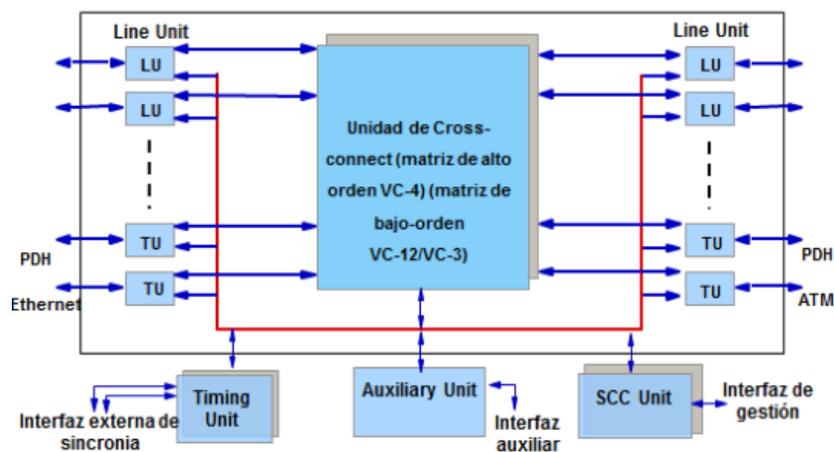


Figura 32. Arquitectura del sistema del Optix OSN 3500
 Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec> (2009)

Los equipos Optix OSN 3500 tienen una gran capacidad y acceso a Multi- servicios como se muestra en la Figura 32.

2.31. Especificaciones Tecnológicas

El proceso anterior estuvo orientado a desarrollar especificaciones estrictamente técnicas, para que éste proyecto entre en un posterior concurso de licitación es necesario la puntualización de cada una de las especificaciones tecnológicas, las que describen en detalle las características y propiedades de los equipos, interfaces, sistemas de gestión y de opresión. (Escalante, 2010)

2.31.1. Sistemas Multiplex

- a) Los nodos de transmisión deben tener multiplexores NG-SDH, que entregan las interfaces de los clientes y las necesidades para conectar con otros sistemas.
- b) El sub-bastidor principal del equipo NG-SDH debe ser equipado hasta un 75% de su capacidad máxima, y un sub-bastidor de extensión con multiplexores conectados a nivel óptico, mediante interfaces de tipo intra-office.
- c) Los equipos multiplexores ADM NG-SDH deben conformar una topología de anillo, con esquema de protección MS-SPRING.
- d) Los equipos deben ser ampliables y modulares, deben permitir incrementar o modificar la configuración de la red, configurar redundancias, aumentar el número de interfaces de salida/entrada, sustituir elementos averiados, sustituir tarjetas por versiones revisadas o de mejorar prestaciones o características.

2.31.2. Diagrama lógico

Debido a los resultados que se obtuvieron del análisis de factibilidad, se determinó que la mejor opción es la implementación ver Tabla 13.

Tabla 13. Detalles para la implementación

Cantidad de anillos	Capacidad	Cantidad de fibras	Protección	Tecnología	Tipo de fibra
2	STM-64	2	MS-SPRING	NG-SDH	G652

Fuente: Elaborado por el autor.

2.31.3. Tipo de fibra óptica

Para el cálculo del enlace es primordial e importancia determinar la fibra óptica que existente en el mercado ya que, de acuerdo a las consideraciones requeridas en el sistema, es decir, se debe escoger la fibra que presente entre sus principales características baja atenuación y menor dispersión.

G.652: Características de cables de fibra óptica monomodo. Ver Anexo 7.

El (ADSS All Dielectric Self Supporting) cable óptico dieléctrico usado en su mayoría para este tipo de sistemas y el cable de guardia con fibras ópticas (OPGW), su utilización es recomendada cuando se trate de una línea eléctrica nueva utilizado por empresas eléctricas.

En el presente diseño se usa el cable ADSS por las características y recomendaciones que este facilita:

- La aplicación en distancias medias y largas y en zonas de terrenos quebrados, donde la excavación sea dificultosa.
- Este tipo de cable es más económico que el OPWG y posee la ventaja de permitir su mantenimiento sin desenergizar el sistema de transporte eléctrico.
- Especialmente recomendable cuando se trata de instalaciones eléctricas existentes, donde ya se encuentre tendido el hilo de guardia.
- Este tipo de cable es suficientemente estable respecto a vientos y efectos de deshielo, con lo cual no es necesario considerar el efecto galloping en ellos.
- Puede tenderse suspendido de las propias estructuras de la línea según dos variantes:
 - ✓ Suspendido de tensor de acero independiente y sujetado mediante grapas a él.

✓ Suspendido de un tensor de acero incluido en cable tipo ocho, este es el recomendado en el diseño por la longitud entre postes, además permite un modo de instalación muy económico, se instala fácilmente en postes de madera o cemento fijando el soporte metálico directamente al poste, eliminando la necesidad de un mensajero metálico. (Escalante, 2010)

Luego de un minucioso escogimiento se seleccionada la fibra G.652 por sus características previamente corroboradas y determinando el bucle de exceso que será el 5% de la longitud total del carrete de fibra óptica, en el mercado la mayoría de carretes de fibra óptica son de 4 Km (4000m), por lo tanto, el bucle de exceso será de 200 m, los mismos que se repartirán en intervalos regulares cada 500 metros, teniendo 8 bucles de exceso de 25m.

2.31.4. Consumo de energía

La alimentación de energía de los equipos NG SDH debe ser de -48 VDC, con redundancia, y se suministrará desde equipos rectificadores y baterías. Además de que cualquier módulo que requiera -48V incluirá un disyuntor. El mismos que se debe tener para protección en contra de los sobre voltajes y sobre corrientes observe la Figura 33. (Escalante, 2010)

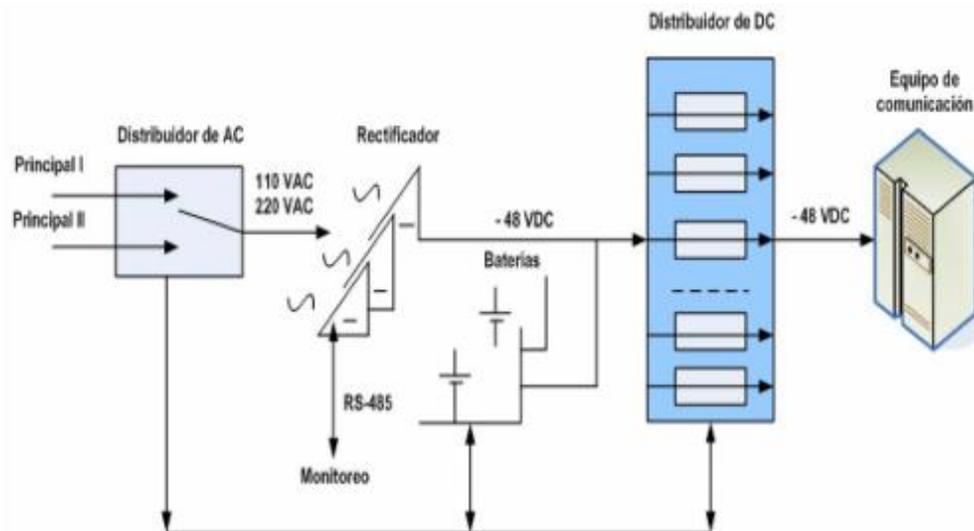


Figura 33. Sistema de Energía.
Fuente: <http://www.monografias.com> (2012)

2.31.5. Tubos de Polietileno De Alta Densidad (P.E.A.D.)

Se utilizan para protección de cables de fibra óptica canalizada y de acuerdo a la disponibilidad de canalización se puede tener: monoductos, biductos o triductos. Es fabricado de material altamente resistente, formado por tres tubos unidos entre sí por una membrana flexible a lo largo de toda su longitud. No debe tener picaduras, grietas y fisuras con identificación a lo largo del ducto cada 1,5 metros, utilizado en canalización para ductos de PVC de 4 pulgadas.

2.31.6. Tapón

Este sirve para sellar en presencia de fibra, para este diseño se empleará los siguientes:

- a. *Tapón simple o guía de 1 ¼ pulgada.* - Sirve para sellar en presencia de fibra alrededor del monoducto, fabricado con componentes resistentes a la corrosión y agentes químicos, compuesto por dos empaques y a prueba de fugas de aire o agua, ver Figura 34.



Figura 34. Tapón simple.

Fuente: <http://www.monografias.com> (2012)

- b. *Tapón ciego de 1 ¼ pulgada.* - Utilizado para obturar los súbductos libres, fabricado con componentes resistentes a la corrosión y agentes químicos, el empaque debe ser de caucho y a prueba de fugas de aire o agua ver Figura 35. (Vásconez & Masabanda, 2013)



Figura 35. Tapón Ciego.

Fuente: <http://www.monografias.com> (2012)

2.31.7. Tubo Cófex de 3/4”

El cófex es un tipo de protección que aumenta la resistencia mecánica del cable y además tiene propiedad ignífuga, se debe utilizar en todos los casos donde se requiere una mayor protección mecánica y en particular en todos los casos donde el cable se encuentre expuesto directamente a la intervención del hombre (interior de centrales, puentes particulares, galería de cables, pozos, etc).

2.31.8. ODF (Optical Distribution Frame)

Utilizado para terminar un enlace de fibra óptica en las centrales, nodos indoor o outdoor, de capacidades de puertos desde 6 hasta 144, dependiendo de las aplicaciones que se le vaya a dar a dicho enlace y de la capacidad del mismo.

Debe contar con todos los accesorios necesarios de sujeción a rack o pared, con bandejas de empalme independientes que permitan el manejo de cada buffer sin afectar al resto, espacio suficiente para reservas de pigtailes y buffers de la fibra del enlace, distancias que permitan respetar el diámetro de curvatura permitido, accesos para la fibra óptica y los patch cords. (Vásconez & Masabanda, 2013). Debe estar construido con material resistente y tener una etiqueta interna para identificación de empalmes observe la Figura 36.



Figura 36, Distribuidores Ópticos (ODF)
Fuente: <http://www.monografias.com> (2012)

2.31.9. Manguera corrugada

Se emplea manguera corrugada para recubrir el cable de fibra óptica en pozos (excepto en los que se ubique reserva o empalme), trayectos en túneles y/o cárcamos hasta el rack del ODF. Se considera 3 metros de manguera corrugada por pozo más la longitud de acceso en el túnel y/o cárcamo hasta el rack del ODF ver Figura 37. (Vásconez & Masabanda, 2013)



Figura 37. Manguera corrugada.
Fuente: <http://www.monografias.com> (2012)

2.31.10. Empalmes

a. Empalmes canalizados (UIT-T. L35)

- Se debe proyectar un empalme cada 4000m en cable canalizado.
- Longitud máxima de cable entre empalmes: 400-6000 m máx.
- Los empalmes se realizan también dependiendo de la longitud de la bobina, en el mercado existen de 3 a 7 Km máximo para cable ADSS, LOSE TUBE y para cable bobinas de 5 Km, Estos valores son los que frecuentemente utiliza CNT.

b. Empalmes aéreos.

- Se debe realizar empalmes en las subidas a poste, cuando se requiere de cambio de tipo de cable de canalizado a aéreo, esto ocurre cuando la distancia de tendido aéreo es muy representativa con relación a la dimensión del tendido canalizado, para fines prácticos se debe empalmar si el tendido aéreo es mayor o igual a 2000m.
- Se deben realizar un empalme cada 2500 a 5000 metros en cable aéreo debido a los rendimientos estándar del tendido diario y la longitud de la bobina.

c. Mangas de Empalme

Sirven para dar continuidad al enlace de fibra, sus capacidades dependen de las características el enlace y pueden ser de 12 hasta 144 hilos con sistemas de aterramiento.

De acuerdo a la cerradura de la caja y a la entrada y salida de los cables de fibra, pueden ser: Tipo Lineal o Tipo Domo obsérvese la Figura 38. (Vásconez & Masabanda, 2013)



Figura 38. Manga tipo domo y tipo lineal.
Fuente: <http://www.monografias.com> (2012)

2.31.11. Puentes ópticos (patchcords)

Se utilizan para la interconexión entre un puerto del ODF al cual está conectorizado un hilo de fibra del enlace que viene del exterior con los equipos de transmisión instalados en la central o nodo. (Vásconez & Masabanda, 2013)

Las terminaciones del patchcord pueden ser: FC, ST, SC o LC con pulido PC, UPC o APC según la necesidad de diseño, también pueden ser de tipo dual, es decir, dos fibras monomodo con dos terminaciones en cada extremo, las características ópticas

deben ser similares a las de la fibra instalada en el enlace, es decir, debe cumplir el mismo estándar, la distancia del patchcord deberá estar acorde al posicionamiento del equipo de transmisión con respecto al ODF en cada estación.

2.31.12. Pigtails

La terminación de cada pigtail puede ser: FC, ST, SC o LC con pulido PC, UPC o APC según la necesidad de diseño, las características ópticas deben ser similares a las de la fibra instalada en el enlace a la que el pigtail se debe empalmar, es decir, debe cumplir el mismo estándar, la distancia del pigtail deberá ser de mínimo 1,00 metros o dependiendo de las necesidades en cada estación.

2.31.13. Herrajes

Son accesorios de acero galvanizado cuya principal función es sujetar el cable al poste en el presente diseño se utilizarán los siguientes tipos de herrajes

a. Herraje tipo A.- El herraje tipo A o herraje terminal se utiliza en el inicio o fin de un enlace, en los cambios de dirección de la ruta, en tramos mayores o iguales a 90 metros y después de dos herrajes B consecutivos obsérvese la Figura 39. (Vásconez & Masabanda, 2013)

Debe estar constituido de lo siguiente:

- Herraje básico terminal para poste, que debe incluir el material de sujeción.
- Varillas de extensión.



Figura 39. Herrajes tipo A.
Fuente: <http://www.monografias.com> (2012)

b. Herraje tipo B. - El herraje tipo B o herraje de paso se utiliza en tramos rectos de la ruta para distancias menores de 90 metros ver Figura 40.

Debe estar constituido por lo siguiente:

- Herraje básico de soporte, que incluye el material de sujeción al poste.
- Elemento de soporte del cable de forma cilíndrica, mismo que en su interior tiene material antideslizante para evitar que la fibra resbale.

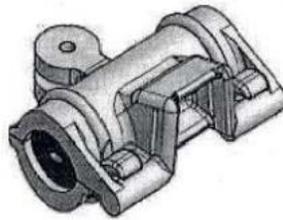


Figura 40. Herrajes tipo B

Fuente: <http://www.monografias.com> (2012)

c. Herrajes para cable ADSS. - Para el cable ADSS, se utiliza otros tipos de herrajes tanto terminales como de paso y dispositivos adicionales para evitar oscilaciones del cable. Estos tipos de herrajes pueden ser: Preformados de retención o terminales y Herrajes de Paso o Suspensión los cuales se detallarán a continuación:

Preformados de retención o terminales

Los herrajes terminales permiten sujetar el cable de manera envolvente sobre su chaqueta haciendo curvaturas suaves a través de una mayor separación desde el poste, utilizando:

- El herraje tipo A básico (1)
- Brazos extensores (2) y
- Preformados (2) a cada lado del cable para sujeción todo esto compone el kit del herraje.

Estos se instalarán cuando existan cambios de dirección y en los extremos del tendido (al inicio y final) y en tramos mayores a 100 metros, ver Figura 41. (Vásconez & Masabanda, 2013)

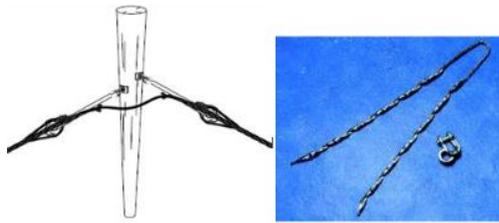


Figura 41. Preformados de retención o terminales
Fuente: <http://www.monografias.com> (2012)

Herrajes de Paso o Suspensión

Los herrajes de paso permitirán:

- Apoyar al cable en tramos que no producen ángulo en el punto de apoyo.
- Se debe colocar 1 por poste en tramos rectos. Ver Figura 42.

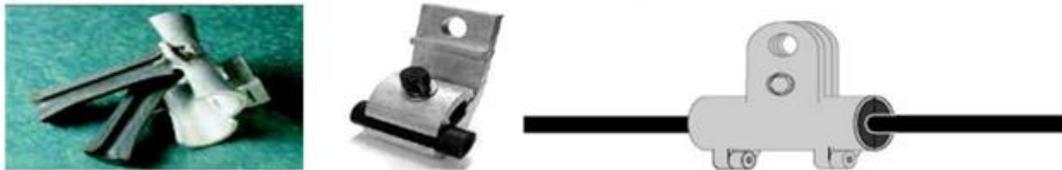


Figura 42. Herrajes de Paso o Suspensión
Fuente: <http://www.monografias.com> (2012)

2.31.14. Reservas de cable

- En el pozo donde se encuentren las puntas de los cables instalados se deba considerar las reservas de cable suficientes para la ejecución del empalme de fibra óptica en la parte exterior. Una vez ejecutado el empalme, junto con las reservas del cable, es fijado en la loza del pozo.
- Se debe dejar suficiente holgura en un cable instalado para poder realizar empalmes e incluso reparaciones. Estas reservas de cable se las ubica en un pozo que se encuentre antes de un cruce de calle, y también dichas reservas puede ubicarlas en pozos cercanos donde empieza una subida a poste.
- En lo que se refiere a los cables aéreos de 12, 24, 48 y 96 fibras, en todos los diseños que se realizan con fibra se está empleando los cables aéreos ADSS G.652D

(VANOS120m). Adicionalmente considerar 30 mts o 50 mts. más por cada reserva, cruce, empalme. (Vásconez & Masabanda, 2013)

2.31.15. Mantenimiento Preventivo

En el país, las redes de fibra óptica se las realiza cada tres meses a partir de la firma del acta de entrega, todos y cada uno de los gastos son parte de la empresa encargada de su construcción hasta cumplir un año de operación, por parte de la CNT EP el fiscalizador encargado de la obra realiza todas y cada una de las actividades relacionadas en su área como es la inspección para la verificación del tendido físico del cableado aéreo y canalizado existente, en donde se verificara los preformados, etiquetados, reservas, herrajes subida a poste y las protecciones debidas para el mismo además de las tapas de los pozos, etc.

Claramente la inversión en lo que se refiere al mantenimiento preventivo puede ser un rubro fijo y así tratar de disminuir la probabilidad de que exista riesgos, evitando el mantenimiento correctivo que comúnmente suele ser mucho más costoso.

2.31.16. Mantenimiento Correctivo

Consiste en la reparación de los diferentes daños existentes que puedas tener la red de fibra, es importante tomar en cuenta los inconvenientes típicos que suelen ser:

- Destemplado de las fibras, esta problemática suele ocurrir por la caída de árboles, vientos muy fuertes, entre otros aspectos que es evidente la deformación del preformado el mismo que deberá ser reemplazado lo más pronto sea posible.
- Un problema recurrente es la inserción de redes de fibra óptica en las redes de distribución eléctrico ya que puede ser que los accidentes de tránsito que destruyan la postería, además de que el vandalismo hoy por hoy es la principal problemática, no obstante, existe el sabotaje por parte de la competencia desleal de otras operadoras. (Carrion & Cevallos, 2011)

CAPÍTULO III

III. ESTUDIO Y ANALISIS DE LA FACTIBILIDAD DEL ANILLO PROYECTADO

3.1. Tecnologías y servicios existentes en la CNT EP

CNT EP es una empresa pública líder en telecomunicaciones en el Ecuador, que brinda servicios de transporte, almacenamiento y procesamiento de información; como son la Telefonía Fija, Telefonía Nacional, Telefonía Internacional, Transmisión de Datos, e Internet. Ver Figura 43.

La operación de las distintas redes ha venido funcionando separadamente para el transporte de voz, datos e internet. (Calle & Peñafiel, 2012)

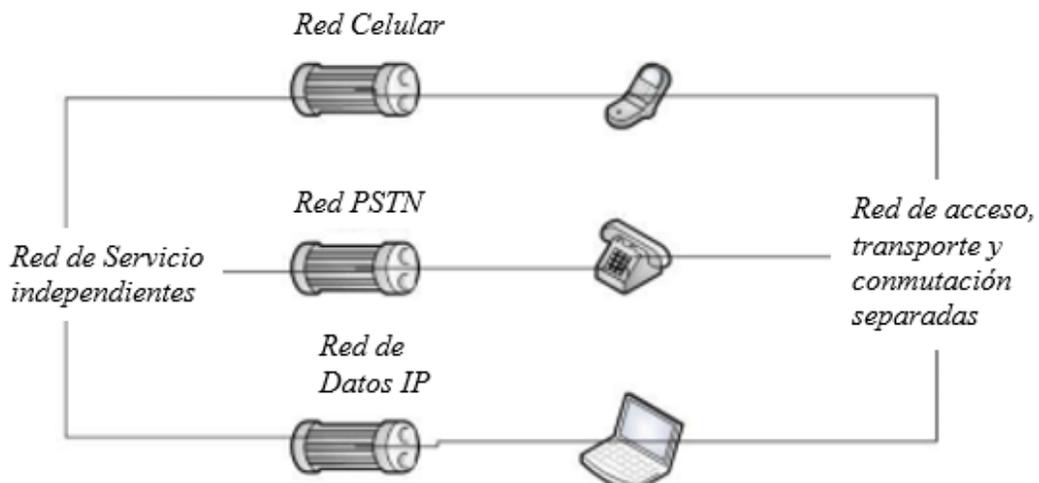


Figura 43. Arquitectura de una red para cada servicio

Fuente: <https://aurapita.blogspot.com/2009/03/arquitectura-de-red.html>

La corporación se encuentra en una fase de transición, hacia la provisión de servicios convergentes de telecomunicaciones: voz, video y datos basados en tecnología de

punta que permita la prestación de éstos de acuerdo a los más altos estándares de calidad de los mercados en la industria de telecomunicaciones. Ver figura 44.

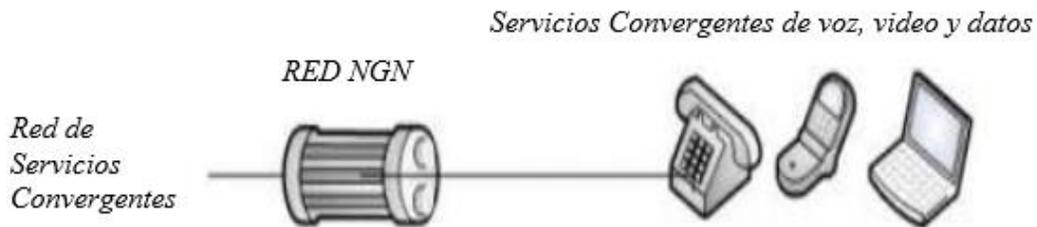


Figura 44. Arquitectura de convergencia de servicios para una misma red
Fuente: [https:// aurapita.blogspot.com/2009/03/arquitectura-de-red.html](https://aurapita.blogspot.com/2009/03/arquitectura-de-red.html)

3.1.1. Proyección del crecimiento de la red de CNT EP

La red de la corporación está en un proceso de reestructuración, cambio y fortalecimiento en la que se busca la interacción de tecnologías diferentes para la implantación de servicios de nueva generación. Como se puede observar en el siguiente gráfico, la red de transporte residirá en DWDM, SDH y MPLS; siendo la columna vertebral de las telecomunicaciones en el país. (Calle & Peñafiel, 2012)

3.2. Estudio de Mercado

3.2.1. Estudio de la Oferta

Se entiende como oferta a la cantidad de los servicios o de bienes que se ponen a la disposición del público consumidor en determinadas cantidades relacionadas con el precio, el tiempo y el lugar para que en función de los mismos se los pueda adquirir.

Para ello la CNT EP, es la empresa encargada de proveer dichos servicios ya que es la de mayor importancia a nivel de las telecomunicaciones en el país, sin dejar a un lado que existen otras empresas particulares que ofrecen los mismos servicios. En la siguiente tabla se muestran algunas de las diferentes empresas que existen en el mercado de las telecomunicaciones y sus respectivas prestaciones. Ver Tabla 14. (Escalante, 2010).

Tabla 14. Proveedores de Servicio de Telecomunicaciones

Compañía	Servicio					Cobertura
	Telf. Fija	Datos	Telf. Móvil	TV	Telf. IP	
CNT – EP	X	X	X		X	Nacional
Claro Conecel S. A.	X	X	X	X		Nacional
Movistar Telefónica		X	X			Nacional
Grupo TVCable	X	X	X	X	X	Nacional
DirecTV				X		Nacional
PuntoNet		X				Nacional
Integraldata		X			X	UIO y Gquil
Ecuatronix				X		UIO, Gquil, Cuenca, Loja, Ambato, Manta.
Netlife		X				Nacional
Telconet S. A.		X				Nacional
Ecuador Telecom		X		X	X	Nacional
Iseyco C.A.	X	X			X	Nacional

Fuente: ARCOTEL

De acuerdo con el organismo correspondiente la ARCOTEL, la empresa con mayor cantidad de usuarios registrados (es de un total de 1.950.334 usuarios a nivel nacional con incremento por año), debido al número de servicio que ofertan ver Tabla 15:

Tabla 15. Cantidad de usuarios por compañía

Compañía	Cantidad de usuarios
CNT EP	1.950.334
LINKOTEL S.A.	7.874
Grupo TV Cable	106.071
SETEL S.A.	4.6721
Ecuador Telecom S.A.	77340
ETAPA EP	148.084
GLOBAL CROSSING	2.923
TOTAL	2.233.276

Fuente: ARCOTEL

3.2.2. Estudio de la Demanda

En este estudio se presenta solo datos que pueden ser expuestos al público, debido a la política de confidencialidad de la empresa. Para lo cual se tiene los siguientes datos de cada una de las centrales tanto en telefonía como de internet como son ver Tabla 16: (Calle & Peñafiel, 2012)

Tabla 16. Usuarios de telefonía e internet por localidad

Localidad	N° de usuarios en Telefonía	N° de usuarios en Internet
La Libertad	421 usuarios	295 usuarios
Licto	182 usuarios	61 usuarios
Pompeya	22 usuarios	19 usuarios
Punín	136 usuarios	47 usuarios
Supertel	428 usuarios	314 usuarios
Nodo Sur	1.091 usuarios	768 usuarios
TOTAL	2.218 usuarios	1.444 usuarios

Fuente: Comercialización CNT – EP Chimborazo

Como se puede apreciar el tamaño de la población es demasiado grande por tal motivo se procedió a segmentar de cada uno de las centrales un valor significativo, el mismo que servirá para la obtención de la muestra y como se puede apreciar este dato es el idóneo para dicha investigación obsérvese la Tabla 17.

Tabla17. Población a encuestar

Localidad	Población a encuestar
La Libertad	20 usuarios
Licto	15 usuarios
Pompeya	5 usuarios
Punín	15 usuarios
Supertel	20 usuarios
Nodo Sur	40 usuarios
TOTAL	155 usuarios

Fuente: Elaborado por el autor

N: tamaño de la población, para la investigación se toma un valor de 155

Z: desviación del valor medio que para lograr el nivel de confianza deseado y para la investigación se tomara el valor de: 1,645

e: Limite aceptable del error muestral que para la investigación se tomara el porcentaje del 9% que cuyo valor es de 0,09

σ : desviación estándar de la población que generalmente se suele utilizar el valor de 0,5.

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

$$n = \frac{155(0,5)^2 (1,645)^2}{(155 - 1)(0,09)^2 + (0,5)^2(1,645)^2}$$

$$n = \frac{155(0,25)(2,706025)}{1.2474 + (0,25)^2 (2,706025)}$$

$$n = \frac{104.8584688}{1.2474 + 0.67650625}$$

$$n = \frac{104.8584688}{1.92390625}$$

$$n = 54.50$$

$$n = 55$$

Encuestas. – Las encuestas se realizarán de forma tanto telefónica como presencial a usuarios escogidos al azar de cada localidad. Ver Anexo 1.

3.2.3. Proyección de la Demanda

Para la obtención de la proyección de la demanda, se trabajó con una proyección en base a información histórica, es decir que la aceptación de la tendencia implica una aprobación de la proyección de tipo probable que no tiene en cuenta los

diferentes factores internos o externos que podrían afectar la tendencia histórica registrada, para lo cual se aplicará la siguiente fórmula en función del tiempo, la misma que permitirá saber con exactitud el nivel de crecimiento de la muestra de la población para un estimado de 5 y 10 años respectivamente.

$$D_{(t)} = D_0(1 + i)^t$$

Donde:

$D_{(t)}$: Demanda en función del tiempo. i : Índice de crecimiento (0.02)

D_0 : Demanda actual de cada una de las centrales t : Tiempo de proyección.

Proyección de la Demanda actual en Telefonía para 5 y 10 , obsérvese la Tabla 18.

Tabla 18. Proyección de la demanda en Telefonía

Localidad	N° de usuarios actuales	N° de usuarios proyectados en 5 años	N° de usuarios proyectados en 10 años
La Libertad	421 usuarios	465 usuarios	513 usuarios
Licto	182 usuarios	200 usuarios	222 usuarios
Pompeya	22 usuarios	25 usuarios	27 usuarios
Punín	136 usuarios	150 usuarios	166 usuarios
Supertel	428 usuarios	473 usuarios	522 usuarios
Nodo Sur	1.091 usuarios	1.205 usuarios	1.330 usuarios
TOTAL	2.218 usuarios	2.518 usuarios	2.780 usuarios

Fuente: Elaborado por el autor.

Proyección de la Demanda actual en Interne para 5 y 10 observe la Tabla 19.

Tabla 19. Proyección de la demanda en Internet

Localidad	N° de usuarios actuales	N° de usuarios proyectados en 5 años	N° de usuarios proyectados en 10 años
La Libertad	295 usuarios	330 usuarios	360 usuarios
Licto	61 usuarios	65 usuarios	74 usuarios
Pompeya	19 usuarios	21 usuarios	23 usuarios

Punín	47 usuarios	52 usuarios	57 usuarios
Supertel	314 usuarios	347 usuarios	383 usuarios
Nodo Sur	768 usuarios	900 usuarios	940 usuarios
Total	1.444 usuarios	1.715 usuarios	1.837 usuarios

Fuente: Elaborado por el autor

Cada uno de los respectivos procesos para la obtención de las proyecciones tanto para telefonía como para el internet se puede apreciar con detalle en las hojas de los cálculos en el Anexo 11.

3.3. Estudio Técnico

3.3.1. Alcance del Proyecto

Debido a que el presente proyecto formaría parte de la CNT EP Chimborazo es necesario establecer lineamientos técnicos que se rijan a estándares de calidad nacionales e internacionales, con el objetivo de que el mismo permitirá que la empresa, pueda brindar los diferentes servicios que a su vez son de gran capacidad con interfaces de TerabitEthernet (TE), GigabitEthernet (GE), STM – 16, STM – 4, STM – 1, FastEthernet (FE) y aquellas necesarias para prestar todos los servicios de voz, datos y video.

3.3.2. Beneficios del Proyecto

Para los usuarios:

- En un futuro cercano se podrá gozar de paquetes de servicios convergentes.
- Se mejorará considerablemente las velocidades de cada uno de los servicios que oferta la CNTE EP Chimborazo.
- Garantizar la disponibilidad de cada uno de los servicios y de optimizar una óptima calidad de los mismos.

Para la empresa:

- Un incremento notable de la capacidad de transporte de la CNT EP Chimborazo.

- Cumplir a cabalidad con los proyectos planteados y planificados durante el tiempo estipulado.
- Realizar una preparación de la red o redes para que ya estén listas para cuando el suministro de los servicios convergentes sea una realidad.
- Fortalecer cada uno de los backbones de cada localidad a intervenir y así evitar posibles denuncias y quejas por parte de los usuarios acerca del mal servicio o por la interrupción del mismo.
- Y, por último, pero no menos imprescindible de mejorar la calidad de la imagen institucional. (Escalante, 2010)

3.4. Red Actual CNT EP Chimborazo

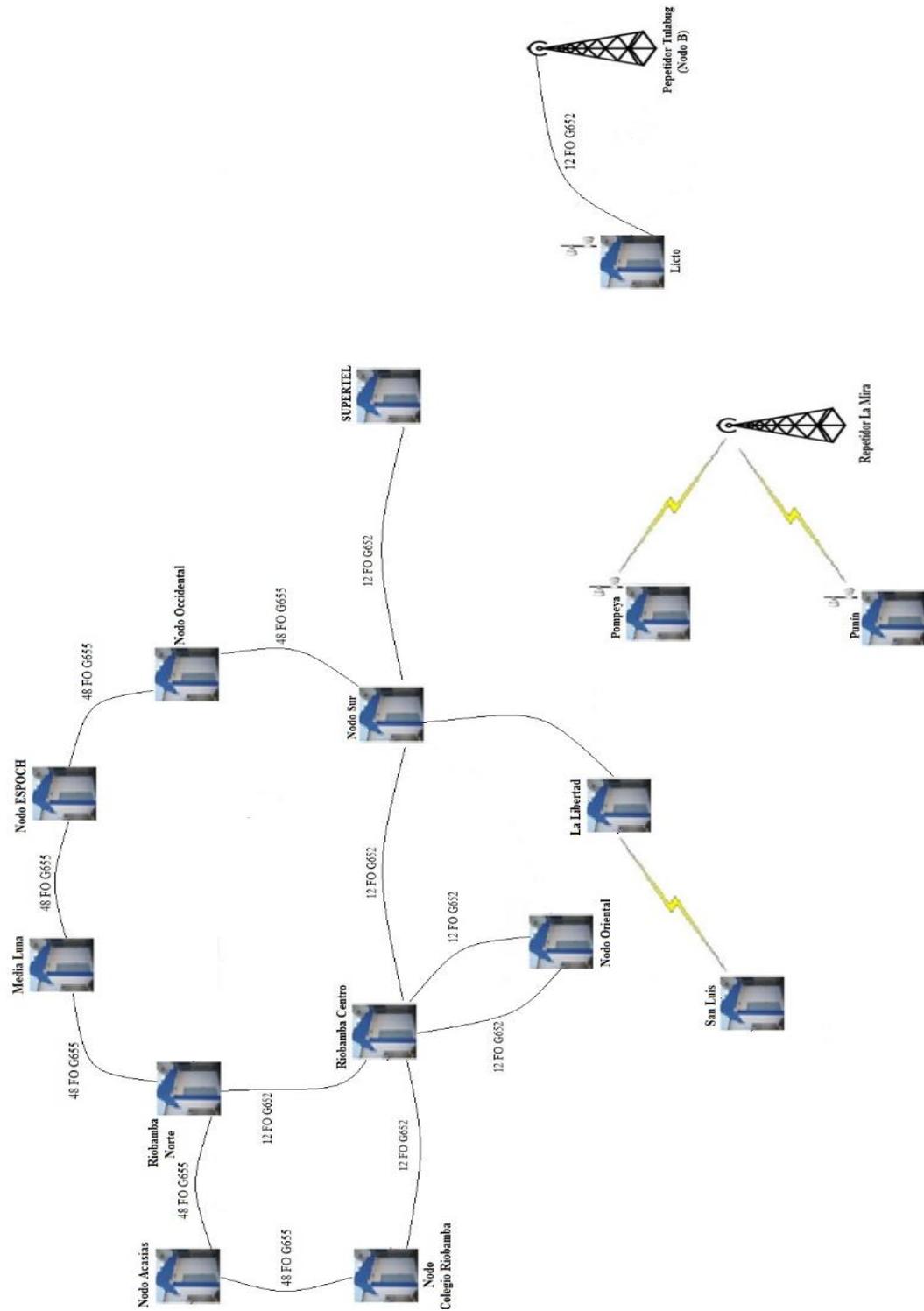


Figura 45. Red Actual CNT EP Chimborazo de las poblaciones que forman parte del anillo.
Fuente: Proyectos - CNT EP Chimborazo.

3.4.1. Disponibilidad, planimetría y obra civil

Se realizó una visita técnica para la obtención de datos los mismos que serán plasmados en el plano de la ciudad y tener información actualizada de la ocupación de pozos y de la respectiva canalización existente.

En cada uno de los cables de las fibras se encuentra la información necesaria que indica la cantidad de fibras, su origen, así como el destino para después revisar las fibras y se procede a la revisión de cada uno de los ductos que también se crea una nomenclatura para el área de la canalización. (Escalante, 2010) ver Figura 46.

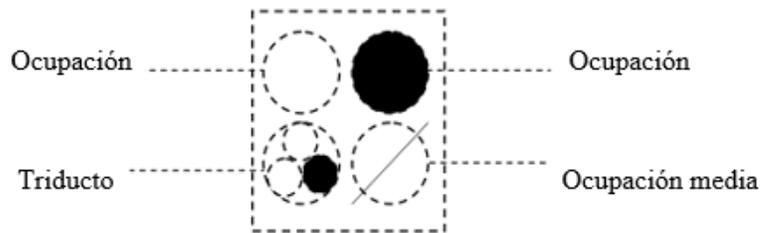


Figura 46. Nomenclatura de canalización en el plano.

Fuente: [https:// es.slideshare.net/louisalfredo/presentacion-convergencia-digital](https://es.slideshare.net/louisalfredo/presentacion-convergencia-digital)

En cada uno de los pozos es posible encontrar que los ductos pueden ser biductos y los más comunes son los triductos, los mismos que para saber el nivel de su ocupación y si existe disponibilidad del mismo para el ingreso de nuevas fibras se debe realizar su respectiva nomenclatura. Ver el Anexo 4 y 5.

3.4.2. Nodos integrantes y sus distancias

En la siguiente tabla se muestra los nodos por donde se establecerá dicho anillo, para esto se tomó en cuenta los criterios técnicos además del estado en el que se encuentran y como si fuese poco la demanda que tienen estos sectores a ser intervenido, obsérvese la Tabla 20.

Tabla 20. Nodos candidatos y estado.

N°	Enlace	Distancia (km)	Tipo de enlace	Estado
1	Nodo Sur - La Libertad	2	G652	Implementado y funcional

2	La Libertad – San Luis	3	G652	Implementado y funcional
3	San Luis – Santa Bárbara	1.5	G652	Proyectado
4	Santa Bárbara – Punín	6.5	G652	Proyectado
5	Punín – Pompeya	8	G652	Proyectado
6	Pompeya – Licto	8	G652	Proyectado
7	Licto – Repetidor Tulabug (Nodo B)	4	G652	Implementado y funcional
8	(Nodo B) Repetidor Tulabug - SUPERTEL	12	G652	Proyectado
9	SUPERTEL – Nodo Sur	2	G652	Implementado y funcional

Fuente: Proyectos CNT EP Chimborazo.

Inicialmente se pensaba también trabajar en el tramo que comprende entre el AMG de Licto y la repetidora de Tulabug (Nodo B), pero en el transcurso del desarrollo de la presente investigación y debido a la fuerte demanda en este tramo y con los recursos ya predestinados por parte de la CNT EP Chimborazo, este ya se implementó por lo que ya no se le toma en cuenta para los diferentes cálculos, pero si para alguna referencia del mismo.

3.4.3. Cálculo de la Capacidad del anillo

3.4.3.1. Ancho de banda de Telefonía

Para determinar la capacidad que aportará cada uno de los nodos que conforma el anillo en telefonía se tomó en cuenta el número actual de abonados y considerando una intensidad de tráfico de 0.1 Erlangs por abonado de acuerdo a estudios de tráfico promedio realizado por especialistas en el área, con estos datos se calcula la intensidad de tráfico total por nodo. Sabiendo que el grado de servicio que se va a ofrecer es del 1% y conociendo la intensidad del tráfico, utilizando las tablas de Erlang determino el número de canales digitales que se requiere por cada nodo

Como en el Ecuador se usa el estándar europeo entonces los canales digitales se los representa en E1s, conociendo que un E1 tiene 32 canales digitales, 30 de carga útil,

uno de sincronismo y uno de señalización, se determina el ancho de banda de cada uno de los nodos, sabiendo que un E1 es equivalente a 2.048 Mbps ver Tabla 21.

Tabla 21. Capacidad actual por localidad

Localidad	N° de usuarios actuales	N° de E1 actuales
La Libertad	421 usuarios	2 E1
Licto	182 usuarios	1 E1
Pompeya	22 usuarios	1 E1
Punín	136 usuarios	1 E1
Supertel	428 usuarios	2 E1
Nodo Sur	1.091 usuarios	4 E1
TOTAL	2.218 usuarios	11 E1 (11 X 2.048 Mbps) 22.528 Mbps

Fuente: Elaborado por el autor.

Los detalles para la obtención del número de canales como se describe en la tabla anterior, dicho procedimiento se puede apreciar claramente en el Anexo 9.

Del mismo modo para el cálculo de la proyección en telefonía se aplica la siguiente fórmula, para la cual se toma en cuenta la demanda actual existente en cada una de las localidades que forman parte del anillo ver Tabla 22.

Tabla 22. Capacidad proyectada de usuarios por localidad

Localidad	N° de usuarios proyectados en 5 años	N° de usuarios proyectados en 10 años
La Libertad	465 usuarios	513 usuarios
Licto	200 usuarios	222 usuarios
Pompeya	25 usuarios	27 usuarios
Punín	150 usuarios	166 usuarios
Supertel	473 usuarios	522 usuarios
Nodo Sur	1.205 usuarios	1.330 usuarios
TOTAL	2.518 usuarios	2.780 usuarios

Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla 23. Capacidad proyectada en E1 por localidad en telefonía

Localidad	N° de E1 proyectados en 5 años	N° de E1 proyectados en 10 años
La Libertad	2 E1	3 E1
Licto	2 E1	2 E1
Pompeya	1 E1	1 E1
Punín	1 E1	1 E1
Supertel	2 E1	3 E1
Nodo Sur	4 E1	5 E1
TOTAL	12 E1 (11 X 2.048 Mbps) 24.576 Mbps	15 E1 (15 X 2.048 Mbps) 30.72Mbps

Fuente: Elaborado por el autor.

Los cálculos mostrados en la Tabla 23 se obtuvo de manera similar a los que se muestran en el Anexo 9 donde se determinó el ancho de banda de la demanda actual.

3.4.3.2. Ancho de Banda en internet

Para determinar el ancho de banda que aportará cada uno de los nodos que conforma el anillo se consideró 2 tipos de usuarios: masivos y corporativos ver Tabla 24.

Tabla 24. Ancho de banda actuales por localidad.

Localidad	N° de usuarios en internet	BW en internet
La Libertad	295 usuarios	103 Mbps
Licto	61 usuarios	18 Mbps
Pompeya	19 usuarios	7 Mbps
Punín	47 usuarios	13 Mbps
Supertel	314 usuarios	126 Mbps
Nodo Sur	768 usuarios	229 Mbps
Total	1.504 usuarios	496 Mbps

Fuente: Elaborado por el autor.

Del mismo modo para el cálculo de la proyección en lo que se refiere al servicio de internet se aplica la siguiente fórmula, para la cual se toma en cuenta el número actual

de usuarios existentes en cada una de las localidades que forman parte del anillo. Ver Tabla 25.

$$D_{(t)} = D_0(1 + i)^t$$

$D_{(t)}$: Demanda proyectada en función del tiempo. i : Índice de crecimiento (0.02)
 t : Tiempo de proyección. (5 y 10 años)
 D_0 : Demanda actual de cada una de las centrales en internet.

Tabla 25. Proyección del ancho de banda por localidad para 5 años

Localidad	N° de usuarios proyectados para 5 años	BW en internet
La Libertad	330 usuarios	198Mbps
Licto	65 usuarios	39 Mbps
Pompeya	21 usuarios	11 Mbps
Punín	52 usuarios	30 Mbps
Supertel	347 usuarios	185 Mbps
Nodo Sur	900 usuarios	484 Mbps
Total	1.715 usuarios	947 Mbps

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 26. Proyección del ancho de banda por localidad para 10 años

Localidad	N° de usuarios proyectados para 10 años	BW en internet
La Libertad	360 usuarios	387 Mbps
Licto	74 usuarios	83 Mbps
Pompeya	23 usuarios	23 Mbps
Punín	57 usuarios	63 Mbps
Supertel	383 usuarios	410 Mbps
Nodo Sur	940 usuarios	1011 Mbps
Total	1.837 usuarios	1977 Mbps

Fuente: Elaborado por el autor

Como en los anteriores casos para la obtención de las proyecciones como se detallan en la Tabla 26 anteriormente descritas, dicho procedimiento se puede apreciar claramente en el Anexo 10.

3.5. Determinación del Enlace

El diseño de la red contiene el enlace que parte desde el Nodo Sur y recorre cada una de las centrales y la repetidora Tulabug (Nodo B), para observar el diseño completo es imprescindible la exploración sobre el archivo en formato CAD, que se denota como *Anillo NodoSur-Supertel.dwg*. Ver Anexo 6.

Las coordenadas Geográficas de cada una de las centrales y de la Repetidora Tulabug (Nodo B), se muestran en la siguiente Tabla 27.

Tabla 27. Ubicación Geográfica de la repetidora y centrales descritas.

DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
	Latitud	Longitud
Central Nodo Sur	- 1.699	- 78.63
Central La Libertad	- 1.69	- 78.64
Central San Luis	- 1.42	- 78.38
Central Punín	- 1.77	- 78.65
Central Pompeya	- 1.81	- 78.63
Central Licto	- 1.81	- 78.60
Central Supertel	- 1.70	- 78.62
Repetidora Tulabug (Nodo B)	- 1.791	- 78.60

Fuente: <https://gis.cnt.com.ec/apppublico>

3.6. Capacidad inicial del anillo propuesto para la CNT EP Chimborazo

El anillo está conformado por los siguientes nodos: parte del Nodo Sur, La Libertad, San Luis, Santa Bárbara, Punín, Pompeya, Licto, Repetidor Tulabug (Nodo B), Supertel (ARCOTEL) y terminando nuevamente en el Nodo Sur observe la Tabla 28.

Tabla 28. Totales del ancho de bandas actual y proyectados

Tiempo	Bw en telefonía	Bw en Datos	TOTALES
Actual	22.53 Mbps	495.6 Mbps	518.13 Mbps
Para 5 años	24.576 Mbps	946.38 Mbps	968.91 Mbps
Para 10 años	30.73 Mbps	1982.5 Mbps	20.13 Mbps

Fuente: Elaborado por el autor

El ancho de banda total que se considerará como tráfico para transportar a través del anillo será la sumatoria del ancho de banda total existente tanto en telefonía como en datos de cada una de las centrales que intervienen en el anillo ver Figura 47.

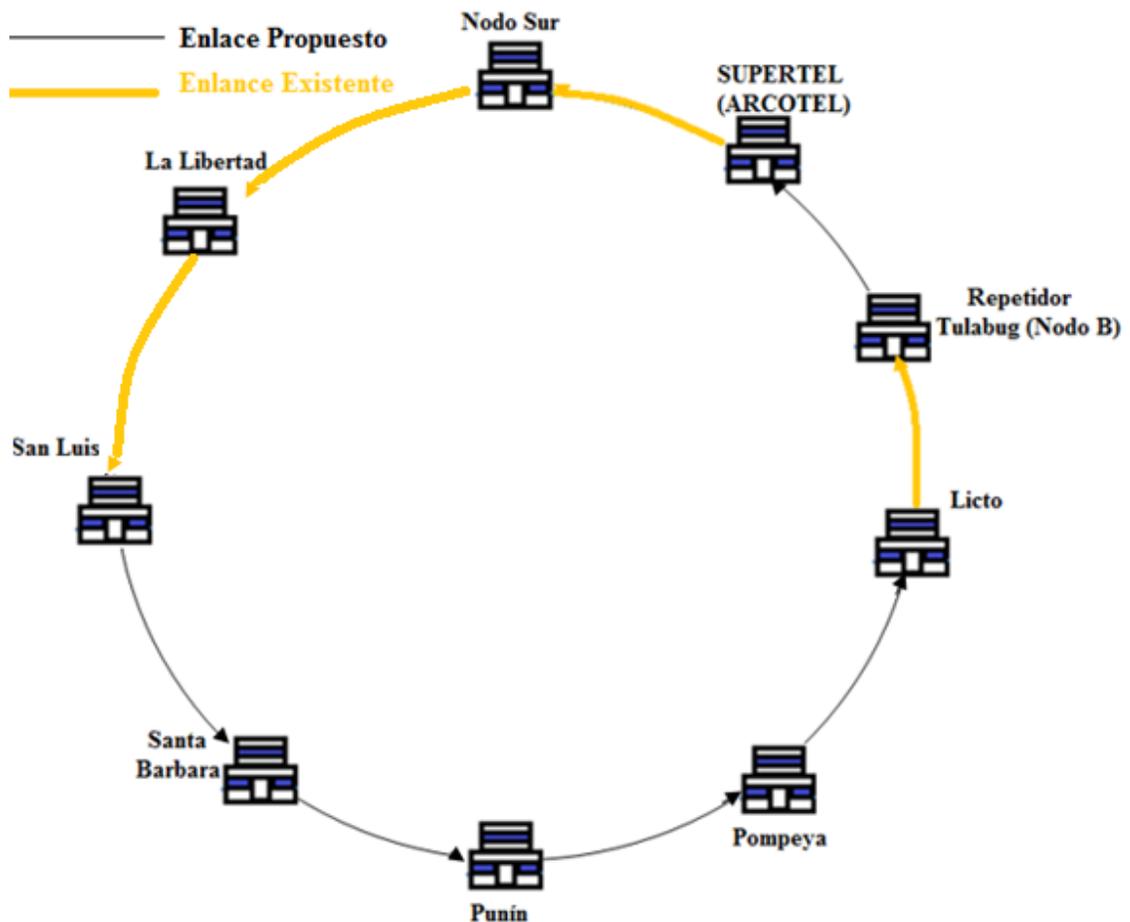


Figura 47. Enlace de F. O. Proyectado bajo la topología ADM.

Fuente: Elaborado por el Autor.

3.7. Cálculo del Presupuesto óptico del anillo de fibra óptica

La pérdida es la disminución de la potencia de la señal, que se le conoce también como atenuación, en la fibra óptica se produce la reducción del ancho de banda y la velocidad de transmisión de todo el sistema en sí; se expresa en decibel (dB) y se calcula por medio de la siguiente fórmula:

- ✓ atenuación total = 0.35 dBb/km
- ✓ atenuación por fusión de la fibra = 0.1 dB.
- ✓ atenuación por conector de la fibra = 0.5 dB.

Las pérdidas se producen por factores en sus uniones, conectores, acoplamientos y en la transmisión como se muestran en las siguientes Figuras y Talas respectivamente a cada enlace.

3.7.1. Presupuesto óptico enlace Nodo Sur – La Libertad (A)

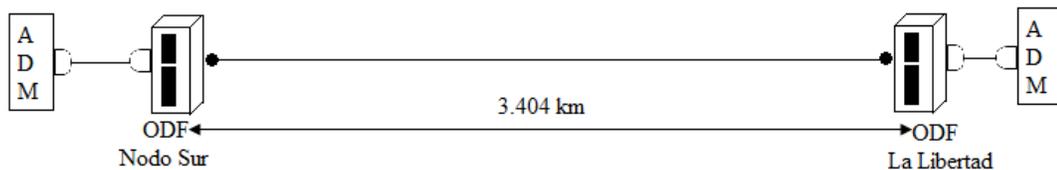


Figura 48. Presupuesto óptico enlace Nodo Sur - La Libertad

Tabla 29. Planilla para Presupuesto Óptico CNT EP Chimborazo

Elementos de la red de Fibra Óptica		Cantidad	Pérdida típica del elemento (dB)	Pérdida Total (dB)	
1	Conectores (mated) ITU 671=0.5dB	4	0,50	2,00	
2	Empalmes de fisión ITU 751=0.1dB average	2	0,10	0,20	
3	Longitud de la fibra (km)/longitudes de onda	1310 nm	3,404	0,35	1,19
		1490 nm		0,30	0,00
		1550 nm		0,25	0,00
GRAND TOTAL (dB)				3,39	

Fuente: El autor

3.7.2. Presupuesto óptico enlace La Libertad – San Luis (B)

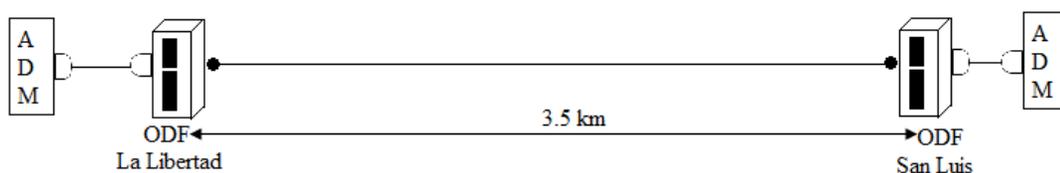


Figura 49. Presupuesto óptico enlace La Libertad – San Luis.

Tabla 30. Planilla para Presupuesto Óptico CNT EP Chimborazo

Elementos de la red de Fibra Óptica		Cantidad	Pérdida típica del elemento (dB)	Pérdida Total (dB)	
1	Conectores (mated) ITU 671=0.5dB	4	0,50	2,00	
2	Empalmes de fisión ITU 751=0.1dB average	2	0,10	0,20	
3	Longitud de la fibra (km)/longitudes de onda	1310 nm	3,5	0,35	1,23
		1490 nm		0,30	0,00
		1550 nm		0,25	0,00
GRAND TOTAL (dB)				3,43	

Fuente: El autor

3.7.3. Presupuesto óptico enlace San Luis – Santa Bárbara (C)

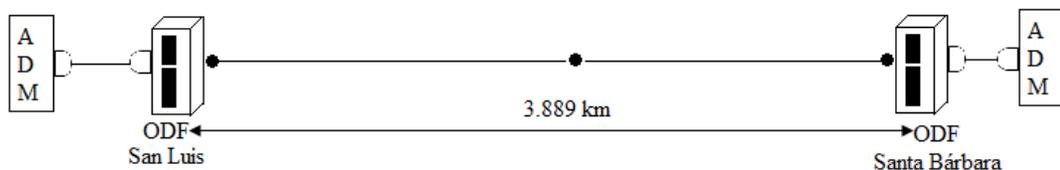


Figura 50. Presupuesto óptico enlace San Luis – Santa Bárbara.

Tabla 31. Planilla para Presupuesto Óptico CNT EP Chimborazo

Elementos de la red de Fibra Óptica		Cantidad	Pérdida típica del elemento (dB)	Pérdida Total (dB)	
1	Conectores (mated) ITU 671=0.5dB	4	0,50	2,00	
2	Empalmes de fisión ITU 751=0.1dB average	3	0,10	0,30	
3		1310 nm	3,889	0,35	1,36
		1490 nm		0,30	0,00

Longitud de la fibra (km)/longitudes de onda	1550 nm		0,25	0,00
GRAND TOTAL (dB)				3,66

Fuente: El autor

3.7.4. Presupuesto óptico enlace Santa Bárbara – Punín (D)

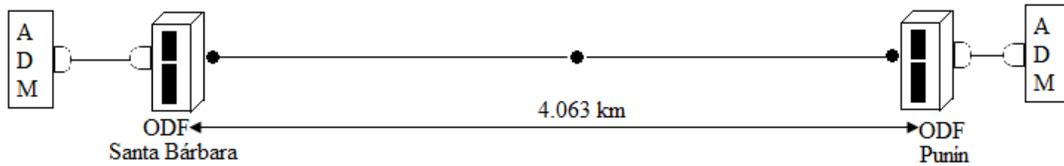


Figura 51. Presupuesto óptico enlace Santa Bárbara – Punín.

Tabla 32. Planilla para Presupuesto Óptico CNT EP Chimborazo

Elementos de la red de Fibra Óptica		Cantidad	Pérdida típica del elemento (dB)	Pérdida Total (dB)	
1	Conectores (mated) ITU 671=0.5dB	4	0,50	2,00	
2	Empalmes de fisión ITU 751=0.1dB average	3	0,10	0,30	
3	Longitud de la fibra (km)/longitudes de onda	1310 nm	4,063	0,35	1,42
		1490 nm		0,30	0,00
		1550 nm		0,25	0,00
GRAND TOTAL (dB)				3,72	

Fuente: El autor

3.7.5. Presupuesto óptico enlace Punín – Pompeya (E)

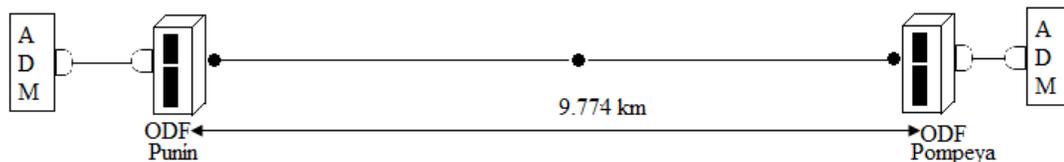


Figura 52. Presupuesto óptico enlace Punín - Pompeya

Tabla 33. Planilla para Presupuesto Óptico CNT EP Chimborazo

Elementos de la red de Fibra Óptica		Cantidad	Pérdida típica del elemento (dB)	Pérdida Total (dB)	
1	Conectores (mated) ITU 671=0.5dB	4	0,50	2,00	
2	Empalmes de fisión ITU 751=0.1dB average	3	0,10	0,30	
3	Longitud de la fibra (km)/longitudes de onda	1310 nm	9,774	0,35	3.42
		1490 nm		0,30	0,00
		1550 nm		0,25	0,00
GRAND TOTAL (dB)				5,72	

Fuente: El autor

3.7.6. Presupuesto óptico enlace Pompeya – Licto (F)

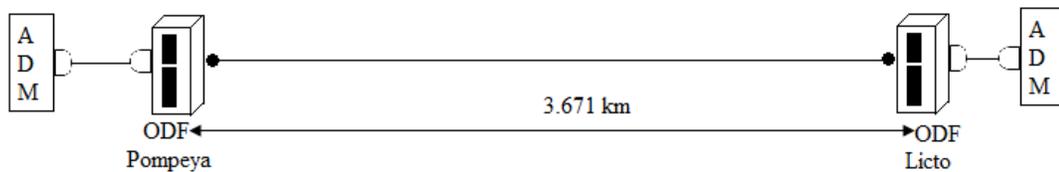


Figura 53. Presupuesto óptico enlace Pompeya - Licto

Tabla 34. Planilla para Presupuesto Óptico CNT EP Chimborazo

Elementos de la red de Fibra Óptica		Cantidad	Pérdida típica del elemento (dB)	Pérdida Total (dB)	
1	Conectores (mated) ITU 671=0.5dB	4	0,50	2,00	
2	Empalmes de fisión ITU 751=0.1dB average	2	0,10	0,20	
3	Longitud de la fibra (km)/longitudes de onda	1310 nm	3,671	0,35	1,28
		1490 nm		0,30	0,00
		1550 nm		0,25	0,00
GRAND TOTAL (dB)				3,48	

Fuente: El autor

3.7.7. Presupuesto óptico Licto – Repetidor Tulabug (Nodo B) (G)

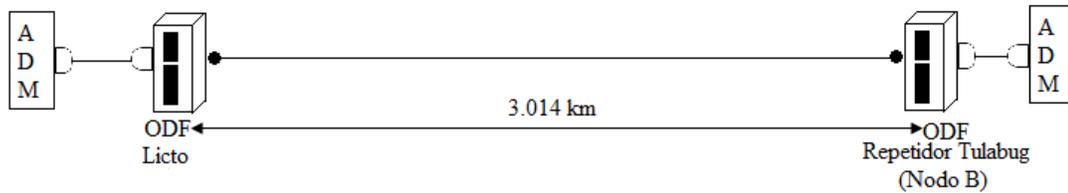


Figura 54. Presupuesto óptico enlace Licto – Repetidor Tulabug (Nodo B)

Tabla 35. Planilla para Presupuesto Óptico CNT EP Chimborazo

Elementos de la red de Fibra Óptica		Cantidad	Pérdida típica del elemento (dB)	Pérdida Total (dB)	
1	Conectores (mated) ITU 671=0.5dB	4	0,50	2,00	
2	Empalmes de fisión ITU 751=0.1dB average	2	0,10	0,20	
3	Longitud de la fibra (km)/longitudes de onda	1310 nm	3,404	0,35	1,19
		1490 nm		0,30	0,00
		1550 nm		0,25	0,00
GRAND TOTAL (dB)				3,39	

Fuente: El autor

3.7.8. Presupuesto óptico enlace Repetidor Tulabug (Nodo B) – SUPERTEL (H)

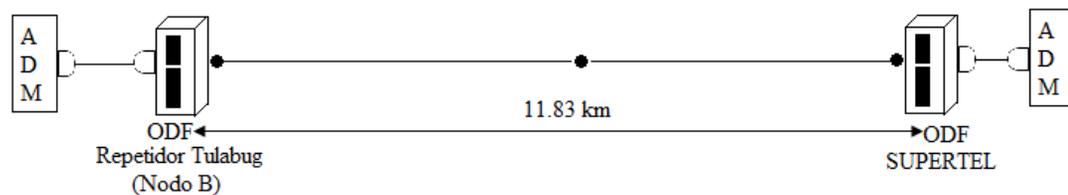


Figura 55. Presupuesto óptico enlace Repetidor Tulabug (Nodo Sur) - SUPERTEL

Tabla 36. Planilla para Presupuesto Óptico CNT EP Chimborazo

Elementos de la red de Fibra Óptica		Cantidad	Pérdida típica del elemento (dB)	Pérdida Total (dB)
1	Conectores (mated) ITU 671=0.5dB	4	0,50	2,00
2	Empalmes de fisión ITU 751=0.1dB average	3	0,10	0,30

3	Longitud de la fibra (km)/longitudes de onda	1310 nm	11,83	0,35	4,14
		1490 nm		0,30	0,00
		1550 nm		0,25	0,00
GRAND TOTAL (dB)					6,44

Fuente: El autor

3.7.9. Presupuesto óptico enlace SUPERTEL – Nodo Sur (I)

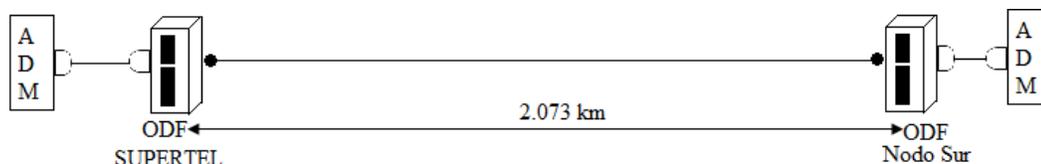


Figura 56. Presupuesto óptico enlace SUPERTEL – Nodo Sur

Tabla 37. Planilla para Presupuesto Óptico CNT EP Chimborazo

Elementos de la red de Fibra Óptica		Cantidad	Pérdida típica del elemento (dB)	Pérdida Total (dB)	
1	Conectores (mated) ITU 671=0.5dB	4	0,50	2,00	
2	Empalmes de fisión ITU 751=0.1dB average	2	0,10	0,20	
3	Longitud de la fibra (km)/longitudes de onda	1310 nm	2,073	0,35	0,73
		1490 nm		0,30	0,00
		1550 nm		0,25	0,00
GRAND TOTAL (dB)				2,93	

Fuente: El autor

Tabla 38. Tabla resumen del presupuesto óptico por caca enlace

Enlaces	A _T (dB)	A _F (dB)	A _C (dB)	L _T (km)	A _{C-FO} (dB)	A _{T-FO} (dB)
A	3.4	0.2	2	2.744	- 1.31	1.51
B	3.11	0.2	2	2.873	- 1.01	1.21
C	3.56	0.2	2	4.278	- 1.49	1.7
D	3.72	0.3	2	4.473	- 1.6	1.9
E	5.71	0.3	2	10.75	- 3.8	4.1
F	3.5	0.2	2	4.04	- 1.41	1.61
G	3.3	0.2	2	3.315	- 1.16	1.3
H	6.44	0.3	2	13.012	- 4.55	4.85
I	2.93	0.2	2	2.280	- 0.8	1.0

Fuente: El autor

Tabla 39. Tabla de resumen de potencias por cada enlace

Ítem	Enlaces	P_T(dBm)	P_R(dBm)
1	Nodo Sur – La Libertad	- 0.54	- 3.1
2	La Libertad – San Luis	- 0.22	- 2.38
3	San Luis – Santa Bárbara	- 2.42	- 6.80
4	Santa Bárbara – Punín	- 3.12	- 8.24
5	Punín – Pompeya	- 0.64	- 2.62
6	Pompeya – Licto	- 0.36	- 3.26
7	Licto – Repetidor Tulabug (Nodo B)	- 0.69	- 2.68
8	Repetidor Tulabug (Nodo B) – SUPERTEL	- 3.96	- 9.97
9	SUPERTEL – Nodo Sur	- 0.05	- 2.01

Fuente: El autor

CAPÍTULO IV

IV. ANÁLISIS ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL ANILLO

4.1. Introducción

El propósito del análisis de costos es proveer la información necesaria financiera a la CNT EP Chimborazo, acerca de la inversión a realizar en la red de anillo planteada en el presente estudio ya que el mismo es un proyecto de inversión es muy importante tomar en cuenta el análisis financiero para que la empresa puedan ver y analizar cuanta ganancia les proyecta y ver si es factible de realizarlo, por lo que se analizarán costos de equipos y el material necesarios para la implementación de la red así como también examinar cada uno de los factores con los que se puede determinar la factibilidad, para una segura inversión. (Calle & Peñafiel, 2012)

4.2. Costos y volúmenes de obra.

Dentro de estos se considera los volúmenes del material a ser utilizado en la red de transporte y en la red de acceso. La mayoría de fabricantes de equipos de Fibra Óptica existentes en el mercado tienen la política de no publicar los precios de sus productos, por lo que la estimación se realizará utilizando costos de equipos que se utilizan en el país, los mismos que son utilizados en la red actual de CNT EP Chimborazo, por lo que la empresa ha facilitado los costos de los equipos, información que se obtuvo de ofertas reales realizadas en los concursos de contratación en el mercado ecuatoriano de telecomunicaciones.

4.2.1. Volúmenes de obra de cada uno de los enlaces

En esta parte se muestran los diferentes costos de los enlaces que tendrán que ser implementados o ya están en proceso de construcción.

Enlace Nodo Sur - La Libertad

Ver Anexo 6.

Tabla 40. Volúmenes de obra canalizado Nodo Sur - La Libertad

Ítem	UNIDAD DE PLANTA	U	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
1	Fusión de 1 hilo de Fibra Óptica	U	96	11.45	1,099.20
2	Prueba Bidireccional de Transmisión Fibra Óptica (por punta. Por fibra. En 1 ventana) + traza Reflectométrica	Hilo	48	16.77	804.96
3	Suministro e Instalación de Manguera Corrugada 3/4"	M	308	2.49	766.92
4	Suministro y Colocación de Identificador Acrílico de Fibra Óptica 8 cm x 4 cm	U	68	5.57	378.76
5	Suministro y Colocación de ODF de 48 puertos (incluye pig tails fc/apc g 652.d)	U	2	487.28	974.56
6	Suministro y Colocación de Patch Cord Duplex fc/upc-fc/upc de 5mts. G.652d	U	4	14.28	57.12
7	Suministro y Tendido de cable Canalizado de Fibra Óptica Monomodo de 48 hilos	m	3585	3.48	12,475.80
8	Bandeja para Rack de 19" de 1 ur	U	1	69.58	69.58
9	Rack de piso abierto 2.2m x 19" de 44 unid.	U	1	249.2	249.2
TOTAL					\$ 16.876.10

Fuente: Elaborado por el Autor.

Enlace La Libertad – San Luis

Ver Anexo 7.

Tabla 41. Volúmenes de obra aéreo La Libertad – San Luis

Ítem	UNIDAD DE PLANTA	U	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
1	Fusión de 1 hilo de Fibra Óptica	U	96	11.45	1,099.20
2	Preformado Helicoidal para vano de 120m para Fibra ADSS 11,00-12,10mm	U	78	12.91	1,006.98

3	Prueba Bidireccional de Transmisión Fibra Óptica (por punta. Por fibra. En 1 ventana) + traza Reflectometrica	Hilo	48	16.77	804.96
4	Suministro e Instalación de Herrajes de Retención para fibra adss 1 extensión - 2 extensiones (vano 120m)	U	39	16.04	625.56
5	Suministro e Instalación de Manguera Corrugada 3/4"	M	60	2.49	1.95
6	Suministro y Colocación de Identificador Acrílico de Fibra Óptica 8 cm x 4 cm	U	5	5.57	27.85
7	Suministro y Colocación de Identificador Acrílico de Fibra Óptica 12,5 cm x 6 cm	U	39	6.65	259.35
8	Suministro y Colocación de ODF de 48 puertos (incluye pig tails fc/apc g 652.d)	U	2	487.28	974.56
9	Suministro y Colocación de Patch Cord Duplex fc/upc-fc/upc de 5mts. G.652d	U	4	14.28	57.12
10	Suministro y Colocación de subida a poste para Fibra Óptica con tubo emt de 5 m de 2"	U	2	71.57	143.14
11	Suministro y Tendido de cable aéreo ADSS de Fibra Óptica Monomodo de 48 hilos g.652.d vano 120 metros	m	2702	3.74	10,105.48
12	Bandeja para Rack de 19" de 1 ur	U	1	69.58	69.58
13	Rack de piso abierto 2.2m x 19" de 44 unid.	U	1	249.2	249.2
TOTAL					\$ 15,424.93

Fuente: Elaborado por el Autor.

Enlace San Luis – Santa Bárbara

Ver Anexo 8

Tabla 42. Volúmenes de obra aéreo San Luis – Santa Bárbara

Ítem	UNIDAD DE PLANTA	U	Cantidad	Precio unitario	TOTAL
1	Fusión de 1 hilo de Fibra Óptica	U	96	11.45	1,099.20
2	Preformado Helicoidal para vano de 120m para Fibra ADSS 11,00-12,10mm	U	116	12.91	1,497.56
3	Prueba Bidireccional de Transmisión Fibra Óptica (por punta. Por fibra. En 1 ventana) + traza Reflectometrica	Hilo	48	16.77	804.96
4	Suministro e Instalación de Herrajes de Retención para fibra adss 1 extensión - 2 extensiones (vano 120m)	U	58	16.04	930.32
5	Suministro e Instalación de Manguera Corrugada 3/4"	M	52	2.49	129.48

6	Suministro y Colocación de Identificador Acrílico de Fibra Óptica 8 cm x 4 cm	U	3	5.57	16.71
7	Suministro y Colocación de Identificador Acrílico de Fibra Óptica 12,5 cm x 6 cm	U	58	6.65	385.7
8	Suministro y Colocación de ODF de 48 puertos (incluye pig tails fc/apc g 652.d)	U	2	487.28	974.56
9	Suministro y Colocación de Patch Cord Duplex fc/upc-fc/upc de 5mts. G.652d	U	4	14.28	57.12
10	Suministro y Colocación de subida a poste para Fibra Óptica con tubo emt de 5 m de 2"	U	2	71.57	143.14
11	Suministro y Tendido de cable aéreo ADSS de Fibra Óptica Monomodo de 48 hilos g.652.d vano 120 metros	m	3669	3.74	13,722.06
12	Bandeja para Rack de 19" de 1 ur	U	1	69.58	69.58
13	Rack de piso abierto 2.2m x 19" de 44 unid.	U	1	249.2	249.2
TOTAL					\$ 20.079,59

Fuente: Elaborado por el Autor.

Enlace Santa Bárbara – Punín

Ver Anexo 9.

Tabla 43. Volúmenes de obra aéreo Santa Bárbara - Punín

Ítem	UNIDAD DE PLANTA	U	Cantidad	Precio unitario	TOTAL
1	Fusión de 1 hilo de Fibra Óptica	U	96	11.45	1,099.20
2	Preformado Helicoidal para vano de 120m para Fibra ADSS 11,00-12,10mm	U	120	12.91	1,549.20
3	Prueba Bidireccional de Transmisión Fibra Óptica (por punta. Por fibra. En 1 ventana) + traza Reflectométrica	Hilo	48	16.77	804.96
4	Suministro e Instalación de Herrajes de Retención para fibra adss 1 extensión - 2 extensiones (vano 120m)	U	60	16.04	962.4
5	Suministro e Instalación de Manguera Corrugada 3/4"	M	56	2.49	139.44
6	Suministro y Colocación de Identificador Acrílico de Fibra Óptica 8 cm x 4 cm	U	4	5.57	22.28
7	Suministro y Colocación de Identificador Acrílico de Fibra Óptica 12,5 cm x 6 cm	U	60	6.65	399
8	Suministro y Colocación de ODF de 48 puertos (incluye pig tails fc/apc g 652.d)	U	2	487.28	974.56
9	Suministro y Colocación de Patch Cord Duplex fc/upc-fc/upc de 5mts. G.652d	U	4	14.28	57.12

1	Suministro y Colocación de subida a poste para Fibra Óptica con tubo emt de 5 m de 2"	U	2	71.57	143.14
0	Suministro y Tendido de cable aéreo ADSS de Fibra Óptica Monomodo de 48 hilos g.652.d vano 120 metros	m	3677	3.74	13,751.98
11	Bandeja para Rack de 19" de 1 ur	U	1	69.58	69.58
12	Rack de piso abierto 2.2m x 19" de 44 unid.	U	1	249.2	249.2
TOTAL					\$ 20.222,06

Fuente: Elaborado por el Autor.

Enlace Punín- Pompeya

Ver Anexo 10.

Tabla 44. Volúmenes de obra aéreo Punín - Pompéya

Ítem	UNIDAD DE PLANTA	U	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
1	Fusión de 1 hilo de Fibra Óptica	U	96	11.45	1,099.20
2	Preformado Helicoidal para vano de 120m para Fibra ADSS 11,00-12,10mm	U	306	12.91	3,950.46
3	Prueba Bidireccional de Transmisión Fibra Óptica (por punta. Por fibra. En 1 ventana) + traza Reflectometrica	Hilo	48	16.77	804.96
4	Suministro e Instalación de Herrajes de Retención para fibra adss 1 extensión - 2 extensiones (vano 120m)	U	153	16.04	2,454.12
5	Suministro e Instalación de Manguera Corrugada 3/4"	M	56	2.49	139.44
6	Suministro y Colocación de Identificador Acrílico de Fibra Óptica 8 cm x 4 cm	U	10	5.57	55.70
7	Suministro y Colocación de Identificador Acrílico de Fibra Óptica 12,5 cm x 6 cm	U	153	6.65	1,017.45
8	Suministro y Colocación de ODF de 48 puertos (incluye pig tails fc/apc g 652.d)	U	2	487.28	974.56
9	Suministro y Colocación de Patch Cord Duplex fc/upc-fc/upc de 5mts. G.652d	U	4	14.28	57.12
10	Suministro y Colocación de subida a poste para Fibra Óptica con tubo emt de 5 m de 2"	U	2	71.57	143.14
11	Suministro y Tendido de cable aéreo ADSS de Fibra Óptica Monomodo de 48 hilos g.652.d vano 120 metros	m	10187	3.74	38,099.38
12	Bandeja para Rack de 19" de 1 ur	U	1	69.58	69.58
13	Rack de piso abierto 2.2m x 19" de 44 unid.	U	1	249.2	249.2

14	Suministro y Colocación de Manga Aérea para fusión de 48 FO,	U	2	325.32	650.64
TOTAL					\$ 49.764,95

Fuente: Elaborado por el Autor.

Enlace Pompeya – Licto

Ver Anexo 11

Tabla 45. Volúmenes de obra aéreo Pompeya- Licto

Ítem	UNIDAD DE PLANTA	U	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
1	Fusión de 1 hilo de Fibra Óptica	U	96	11.45	1,099.20
2	Preformado Helicoidal para vano de 120m para Fibra ADSS 11,00-12,10mm	U	120	12.91	1,549.20
3	Prueba Bidireccional de Transmisión Fibra Óptica (por punta. Por fibra. En 1 ventana) + traza Reflectometrica	Hilo	48	16.77	804.96
4	Suministro e Instalación de Herrajes de Retención para fibra adss 1 extensión - 2 extensiones (vano 120m)	U	60	16.04	962.4
5	Suministro e Instalación de Manguera Corrugada 3/4"	M	52	2.49	129.48
6	Suministro y Colocación de Identificador Acrílico de Fibra Óptica 8 cm x 4 cm	U	3	5.57	16.71
7	Suministro y Colocación de Identificador Acrílico de Fibra Óptica 12,5 cm x 6 cm	U	60	6.65	399
8	Suministro y Colocación de ODF de 48 puertos (incluye pig tails fc/apc g 652.d)	U	2	487.28	974.56
9	Suministro y Colocación de Patch Cord Duplex fc/upc-fc/upc de 5mts. G.652d	U	4	14.28	57.12
10	Suministro y Colocación de subida a poste para Fibra Óptica con tubo emt de 5 m de 2"	U	2	71.57	143.14
11	Suministro y Tendido de cable aéreo ADSS de Fibra Óptica Monomodo de 48 hilos g.652.d vano 120 metros	m	3851	3.74	14,402.74
12	Bandeja para Rack de 19" de 1 ur	U	1	69.58	69.58
13	Rack de piso abierto 2.2m x 19" de 44 unid.	U	1	249.2	249.2
TOTAL					\$ 20.857,29

Fuente: Elaborado por el Autor.

Enlace Repetidor Tulabug (Nodo B) – ARCOTEL (SUPERTEL)

Ver Anexo 12

Tabla 46. Volúmenes de obra aéreo Repetidor Tulabug (Nodo B) – SUPERTEL

Ítem	UNIDAD DE PLANTA	U	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
1	Fusión de 1 hilo de Fibra Óptica	U	96	11.45	1,099.20
2	Preformado Helicoidal para vano de 120m para Fibra ADSS 11,00-12,10mm	U	350	12.91	4,518.50
3	Prueba Bidireccional de Transmisión Fibra Óptica (por punta. Por fibra. En 1 ventana) + traza Reflectometrica	Hilo	48	16.77	804.96
4	Suministro e Instalación de Herrajes de Retención para fibra adss 1 extensión - 2 extensiones (vano 120m)	U	175	16.04	2,807.00
5	Suministro e Instalación de Manguera Corrugada 3/4"	M	48	2.49	119.52
6	Suministro y Colocación de Identificador Acrílico de Fibra Óptica 8 cm x 4 cm	U	8	5.57	44.56
7	Suministro y Colocación de Identificador Acrílico de Fibra Óptica 12,5 cm x 6 cm	U	175	6.65	1,163.75
8	Suministro y Colocación de ODF de 48 puertos (incluye pig tails fc/apc g 652.d)	U	2	487.28	974.56
9	Suministro y Colocación de Patch Cord Duplex fc/upc-fc/upc de 5mts. G.652d	U	4	14.28	57.12
10	Suministro y Colocación de subida a poste para Fibra Óptica con tubo emt de 5 m de 2"	U	2	71.57	143.14
11	Suministro y Tendido de cable aéreo ADSS de Fibra Óptica Monomodo de 48 hilos g.652.d vano 120 metros	m	12423	3.64	45,219.72
12	Bandeja para Rack de 19" de 1 ur	U	1	69.58	69.58
13	Rack de piso abierto 2.2m x 19" de 44 unid.	U	1	249.2	249.2
14	Suministro y Colocación de Manga Aérea para fusión de 48 FO, tipo Domo (Apertura y Cierre)	U	3	325.32	975.96
TOTAL					\$ 58.246,77

Fuente: Elaborado por el Autor.

4.2.2. Costo total de materiales del tendido de fibra canalizado y aéreo.

En esta parte se muestra en resumen los costos de los diferentes enlaces que tendrán que ser implementados o están en proceso de construcción. Ver Anexo 14.

Tabla 47. Costo total de materiales para el tendido del anillo.

Ítem	Trayecto	Canalizados	Aéreo
1	NODO SUR - LA LIBERTAD	\$ 16.876,10	
2	LA LIBERTAD - SAN LUIS		\$ 15.424,93
3	SAN LUIS – SANTA BÁRBARA		\$ 20.079,59
4	SANTA BÁRBARA - PUNÍN		\$ 20.222,06
5	PUNÍN – POMPEYA		\$ 49.764,95
6	POMEYA – LICTO		\$ 20.857,29
7	REPETIDOR TULABUG - SUPERTEL		\$ 58.246,77
TOTAL		\$ 16.876,10	\$ 184.595,59

Fuente: Elaborado por el Autor.

4.3. Costos de Ingeniería

En la siguiente tabla se representa los costos de ingeniería los cuales se toman en base a los siguientes aspectos:

- Costo del estudio de campo: se evalúa de acuerdo a factibilidad de acceso a la localidad donde se ubicarán los nodos, determinación de la ubicación de los nodos con sus respectivas coordenadas geográficas y estudio de la ruta para el tendido de la fibra óptica.
- Costo del diseño que incluye: estudio de la situación actual de la empresa, proyección del tráfico de la red, estudio de demanda de los servicios de la empresa, selección y determinación de los equipos (Calle & Peñafiel, 2012)

Tabla 48. Costos de Ingeniería.

Detalle	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
Catastro	5	Hoja	\$ 4.00	\$ 60.00
Plano de obra	18	A1	\$ 40.00	\$ 820.00
			Total	\$ 880.00

Fuente: Elaborado por el Autor.

4.4. Costo total de equipos

Tabla 49. Costos del equipo.

Detalle	Cantidad	Precio unitario	Total
ADM OSN OptiX3500 Huawei	8	\$ 44.393,58	\$ 355.148,64
Switch Tplink Gigabit	8	\$ 149,00	\$ 1.184,00
		Total	\$ 356.332,64

Fuente: Elaborado por el Autor.

4.5. Costo total del proyecto

Los costos se obtuvieron de una ponderación entre precios de distintos proveedores y fabricantes como son: Huawei, Fiber Home y ZTE, estos precios son referenciales y podrán o no diferenciarse de los originales, como se trata de una estimación de la oferta final de los oferentes puede ser mayor o menor que dependerá de los distintos servicios extra que consten en las ofertas que tendrán que ser presentadas por cada una de las entidades para el concurso de licitación. (Calle & Peñafiel, 2012)

Tabla 50. Costos Total del proyecto.

Detalle	Total
Costo de equipos	\$ 356.332,64
Costo de ingeniería	\$ 880,00
Costo de materiales	\$ 201,471.69
Total	\$ 558.630,33

Fuente: Elaborado por el Autor.

4.6. Estudio Económico

4.6.1. Justificación de la inversión

En toda empresa, es necesario realizar la evaluación del proyecto para así determinar su viabilidad, considerando varios aspectos que permitan determinar en qué medida el proyecto será rentable.

La evaluación de este tipo de proyectos, se basa normalmente en el estudio de los ingresos y gastos relacionados con el proyecto, teniendo en cuenta cuando son efectivamente recibidos y entregados, es decir, en los flujos de caja que se obtienen en dicho proyecto con el fin de determinar si son suficientes para soportar el servicio de la deuda anual y de retribuir adecuadamente el capital aportado por la empresa.

En el estudio de la viabilidad económica se pretende definir mediante la comparación de los beneficios y costos estimados del proyecto, si es recomendable su implementación y posterior operación.

4.6.2. Flujo de Caja

Para la proyección del flujo de caja que consiste en uno de los elementos más importantes en la evaluación del mencionado proyecto, dependerá la confiabilidad de las conclusiones obtenidas en el análisis de rentabilidad. Para efectos de este estudio, se considera los flujos de caja para medir la rentabilidad del proyecto, considerando que:

- ❖ Un tiempo de depreciación de los equipos de 5 años, dicha depreciación se la considera lineal.
- ❖ Que la CNT EP Chimborazo, aportará con el 100% del costo total de la implementación del presente proyecto.

En la siguiente tabla se presenta el flujo de caja realizado para el presente proyecto, donde se debe considerar que actualmente están siendo atendidos a un considerable número de clientes en telefonía, de esta cantidad de clientes se proyecta que el 30% estará utilizando además el servicio de internet y en los próximos 5 años será un notable incremento en un 50% anual.

El costo básico de servicio de telefonía es de \$ 6.20 y el costo mínimo de internet es de \$ 18.00, y se proyecta que anualmente se incrementará un 1% para los servicios de telefonía y de datos un 10% anual desde el segundo año. Además, se debe

considerar que en los 5 próximos años los valores de los servicios no variarán y que el mantenimiento del enlace se realice semestralmente. (Calle & Peñafiel, 2012)

Tabla 51. Flujo de caja proyectado para 10 años

Descripción	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Ingreso en telefonía	14136	14706,4	14997,8	15295,4	15611,6	15915,4	16237,8	16560,2	16888,8	17236,8
Ingreso en datos	33791	41020	42360	43792	44896	45890	47048	48048	49218	50356
Totales	47928	55726,4	57357,8	59087,4	60507,6	61805,4	63285,8	64608,2	66106,8	67592,8

Fuente: Elaborado por el Autor.

4.6.3. Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

Es importante para la valoración de la inversión ya que a pesar de las limitaciones que pudiera tener por no considerar las circunstancias imprevistas o excepcionales del mercado, el mismo que pudiese afectar o no el valor obtenido y si dicho valor es mayor a cero entonces el proyecto será rentable.

Para el cálculo del VAN se debe considerar los saldos finales de cada año tanto en telefonía como en internet mencionados en la tabla 49.

$$VAN = -CI + \frac{FE}{(1+i)^n}$$

CI: es la inversión inicial.

FE: es flujo de efectivo neto de cada período.

i: Es la tasa de interés que se debe buscar

n: Es el número de años del proyecto de inversión.

$$VAN = \$ 12.025,97$$

4.6.4. Cálculo de la Taza Interna de Retorno (TIR)

El TIR, de una inversión es la media geométrica de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, y que implica por cierto el supuesto de una oportunidad para "reinvertir". En términos simples, diversos autores la conceptualizan como la tasa de descuento con la que el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero.

$$TIR = 0 = VAN = -CI + \frac{FE}{(1+i)^n}$$

$$TIR = 1.39 \%$$

Para poder determinar en cuanto tiempo se recupera la inversión de dicho proyecto se aplica la siguiente formula:

$$RI = \frac{\textit{Presupuesto referencial del proyecto}}{\textit{valor de ganancias}}$$

$$RI = \frac{558.630,33}{157.586,2}$$

$$RI = 3.5$$

Después del análisis correspondiente y de los cálculos respectivos se pudo determinar que la inversión del presente proyecto será recuperable en unos 3 años con 5 meses.

En conclusión el presente estudio económico está orientado al análisis del rubro que se desprendió de la estimación de costos del proyecto, ya que al ser éste un proyecto netamente de Inversión, por lo tanto no es posible realizar el análisis que tengan que ver con valores de rentabilidad o recuperación de la inversión; puesto que es un subproyecto, el miso que es parte de un gran proyecto que tiene como principal objetivo mejorar la calidad de cada uno de los servicios que oferta a CNT EP Chimborazo, sin que existe un incremento en el valor de los mismos hacia los consumidores finales.

Viabilidad

Para poder determinar si un proyecto de inversión es viable o no se debe realizar una evaluación integral de todos los aspectos analizados anteriormente, con el análisis se ha llegado a las siguientes conclusiones y por ende a la determinación de la viabilidad del proyecto:

Tabla 52. Viabilidad del proyecto y resultados

Estudio	Resultado	Cumplimiento
Técnica	Tecnología adecuada para la gestión de la red actual y la futura integración a la convergencia de los servicios.	√
Operativa	Personal técnico con conocimientos, además de la posterior capacitación en la nueva tecnología.	√
De implantación	Infraestructura física disponible para el nuevo equipamiento y tendido de la fibra óptica.	√
Económica	El presupuesto necesario para la implantación de anillos básicos con posibilidad de expansión cuando entren en funcionamiento los servicios tripple play	√

Fuente: Elaborado por el Autor.

CAPÍTULO V

V. METODOLOGÍA

5.1. Tipo de Estudio

De Campo. - La investigación se centralizará en la realización de un estudio de diversas pruebas en el escenario a emplearse para conseguir información con datos reales.

Aplicada. - Busca la aplicación o utilización de los conocimientos aprendidos mediante la investigación, para aplicarlos en el desarrollo del proyecto planteado a desarrollar.

Deductivo. - Porque permite pasar de observaciones generales a hechos particulares contenidas en la situación general. (Hurtado & Sigcho, pag. 35)

5.2. Planteamiento de la hipótesis

El estudio y diseño de un Anillo de Fibra Óptica para interconectar a varias centrales y repetidoras de la CNT EP Chimborazo, permitirá mejorar los servicios de datos de alta velocidad y Tripple Play.

5.3. Determinación de las variables

Variable Independiente: Estudio y diseño de un Anillo de Fibra Óptica para interconectar a varias centrales y repetidoras de la CNT EP Chimborazo.

Variable Dependiente: Mejora de los servicios de datos de alta velocidad y Tripple Play.

5.4. Operacionalización de Variables.

Tabla 53: Operacionalización de variables independiente y dependiente

VARIABLE	CONCEPTO	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<p>Estudio y diseño de un Anillo de Fibra Óptica para interconectar a varias centrales y repetidora de la CNT EP Chimborazo.</p> <p>(Variable Independiente)</p>	<p>Es la investigación que determina la factibilidad y la viabilidad del proyecto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de la red. • Esquemas de Protección. • Confiabilidad de la red. • Infraestructura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Encuesta • Memorias técnicas sobre diseños del anillo.
<p>Mejora de los servicios de datos de alta velocidad y Tripple Play</p> <p>(Variable Dependiente)</p>	<p>Se detallan los procedimientos del diseño e implementación de la red de fibra óptica, y se determina el equipo útil para este proceso, el mismo que tendrá la versatilidad necesaria porque será capaz de mejorar el servicio en telefonía, internet, datos y poder brindar el servicio de Triple Play.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Proyección de la demanda. • Escalabilidad de la red. • Costo de implementación. • Que posee el departamento para cubrir las necesidades y tener una mejor transmisión de datos. • Satisfacción del cliente al tener acceso a altas velocidades. 	<ul style="list-style-type: none"> • Observación. • Cálculos. • Información actual de las infraestructuras existentes. • Características Técnicas. • Bibliografía especializada, consulta a expertos.

Fuente: Elaborado por el autor.

5.5. Técnicas para la comprobación de la hipótesis

5.5.1. Estadístico X^2 Chi Cuadrado

Se trata de la razón entre la sumatoria de los cuadrados de las diferencias entre las frecuencias esperadas (f_e) y las frecuencias observadas (f_o) respecto de las frecuencias esperadas (f_e). Como toda razón, expresa una proporción; en este caso, la proporción entre las distancias observadas (elevadas al cuadrado) y las frecuencias esperadas.

La fórmula que da el estadístico es la siguiente:

$$X^2 = \frac{\Sigma(f_e - f_o)^2}{f_e}$$

Cuanto mayor sea el valor de X^2 , menos verosímil es que la hipótesis sea la indicada y a la vez la correcta, así mismo de la misma manera, cuanto más se aproxima a cero el valor de chi-cuadrado, más se ajustan las distribuciones.

5.5.2. Establecimiento del nivel de significancia

El nivel de significación es arbitrario y se fija de antemano (usualmente entre 0.01 y 0.10).

5.5.3. Grados de Libertad

Esta noción se refiere a la posibilidad que se tiene de establecer, en una distribución dada, valores arbitrarios sin modificar el marginal de dicha distribución. Cuando se tiene dos variables, la fórmula para calcular los grados de libertad es: (MEDware, 2011)

$$gl = (\#f - 1)(\#c - 1)$$

5.6. Comprobación de la hipótesis.

Hipótesis Nula

H₀: ¿Cómo el estudio y diseño de un Anillo de Fibra Óptica para interconectar a varias centrales y repetidora de la CNT EP Chimborazo no mejorará los servicios de datos de alta velocidad y Tripple Play?

Hipótesis de investigación

H_i: ¿Cómo el estudio y diseño de un Anillo de Fibra Óptica para interconectar a varias centrales y repetidora de la CNT EP Chimborazo mejorará los servicios de datos de alta velocidad y Tripple Play?

Tabla 54. Tabla de contingencia de frecuencias observadas.

	B		TOTAL
A	SI	NO	
SI	38	22	60
NO	63	32	95
TOTAL	101	54	155

Fuente: Elaborado por el autor.

Cálculo de frecuencias esperadas de la investigación

$$fe = \frac{T_C \times T_F}{\Sigma_T}$$

Tabla 55. Frecuencias esperadas.

	B	
A	SI	NO
SI	39.09	20.9
NO	61.9	33.09

Fuente: Elaborado por el autor.

$$fe = \frac{101(60)}{155}$$

$$fe = 39.9$$

Determinación del $X^2_{CALCULADO}$

$$X^2_{\text{CALCULADO}} = \frac{\Sigma(fe - fo)^2}{fe}$$

$$X^2_{\text{CALCULADO}} = \frac{(38 - 39.09)^2}{39.09} + \frac{(22 - 20.9)^2}{20.9} + \frac{(63 - 61.9)^2}{61.9} + \frac{(32 - 33.09)^2}{33.09}$$

$$X^2_{\text{CALCULADO}} = 0.13$$

Determinación del X^2_{CRITICO}

Nivel de significancia $\alpha = 0.01$

Grados de Libertad

$$gl = (\#f - 1)(\#c - 1)$$

$$gl = (2 - 1)(2 - 1) = 1$$

ya con los dos datos se recurre a las tablas del X^2 para poder establecer este valor, el mismo que corresponde a:

$$X^2_{\text{CRITICO}} = 6.635$$

Por lo anteriormente expuesto y después de haber realizado los debidos cálculos y procedimientos respectivos se proseguirá a las comparaciones del $X^2_{\text{CALCULADO}}$ con el X^2_{CRITICO} , es así que:

$$X^2_{\text{CALCULADO}} < X^2_{\text{CRITICO}}$$

$$0.13 < 6.635$$

Como se puede apreciar claramente $X^2_{\text{CALCULADO}}$ es menor que X^2_{CRITICO} por lo tanto se puede decir que H_0 es rechazada y se acepta la H_1 ya que es evidentemente que los parámetros de las dos variables que se manejan en la operacionalización de las variables no son independientes, es decir que existe una relación entre las mismas. (MEDware, 2011)

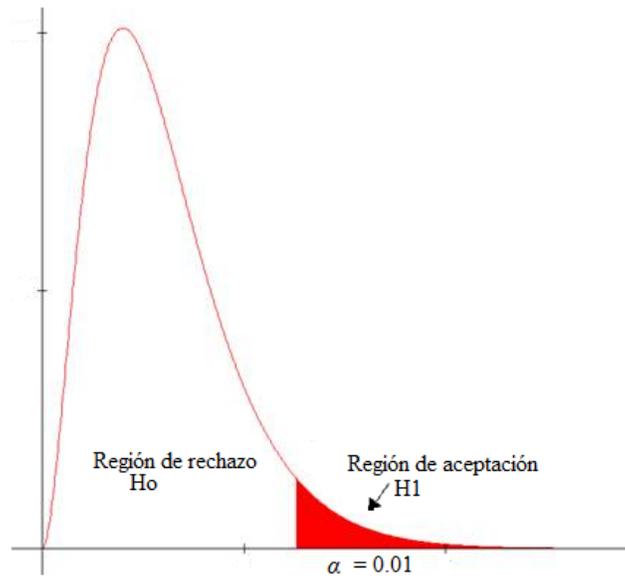


Figura 57. Gráfica de la comprobación de la hipótesis por medio del X2

VI. CONCLUSIONES

- ✓ La competitividad en los servicios de Telecomunicaciones que actualmente se da a nivel mundial, trae consigo la necesidad de disponer de una red escalable, adaptable, confiable, gestionable y de mayor capacidad, como lo propuesto en este proyecto, el mismo que podrá brindar servicios con mayor calidad, protección y mayor rendimiento de la red.
- ✓ La fibra óptica es el soporte por excelencia que ofrece las mejores garantías para ser empleado como medio de transmisión de datos a grandes distancias y evidentemente en la actualidad, la tendencia es cubrir dichos sectores con redes basadas en este principio, representando una ventaja al poseer esta autopista para las necesidades de los servicios presentes y futuros en las telecomunicaciones.
- ✓ Los anillos proveen mayor ancho de banda a la red para la demanda de servicio, esto incluye los servicios actuales y futuros. Actualmente, las nuevas aplicaciones en el campo de las computadoras requieren mayor velocidad para procesar los datos y más capacidad de transmisión. Estas son las razones que hacen necesario crear una red de transmisión que permita todas estas y otras aplicaciones.
- ✓ Por medio de este estudio se puede determinar que la red podrá brindar aplicaciones como es el servicio de tripple play, cuádruple play, televigilancia entre otros y de esta manera satisfacer la demanda futura en los diferentes nodos integrantes en el anillo, esto se lograría mediante la integración de tarjetas extras de más capacidad, solucionando así la integración de la red a la convergencia de servicios.
- ✓ Los proyectos de reestructuración a nivel nacional con el objetivo del mejoramiento de cada uno de los sistemas de interconectividad formaran parte de la integración de la sociedad ecuatoriana con respecto a las nuevas tecnologías de la información y así fortalecer la red, para la prestación de los distintos servicios con estándares de calidad.

- ✓ El respectivo levantamiento de la información que se realizó de una forma transparente, permite que las aproximaciones necesarias en cuanto a la disponibilidad de canalización y de los ductos, los rubros económicos y de cada uno de los volúmenes de obra sean lo más cercano a la realidad.
- ✓ Además de que es muy importante la realización de cada uno de los estudios correspondientes para poder determinar la viabilidad y la factibilidad de este tipo de proyectos, ya que se pueden obtener los referentes físicos, técnicos y económicos que determinan la posibilidad de la implantación del mismo.
- ✓ Con los resultados obtenidos de las operaciones realizadas para los diferentes cálculos referentes al tráfico y de la capacidad, se pudo realizar el diseño de la red sin sobredimensionarla y dejándolas listas para que en un futuro no muy lejano y cuando la empresa lo amerite se dé inicio a prestar cada uno de los servicios que tienen que ver con el paquete Tripple Play.
- ✓ La CNT EP, responsable de la mayor parte del suministro de las telecomunicaciones en el país, debe estar siempre a la vanguardia en avances tecnológicos y garantizar a su clientela capacidad y seguridad, en el servicio ofrecido sin interrupciones durante todo el año.
- ✓ Los enlaces en la Provincia de Chimborazo, en un futuro se terminará el problema de que exista perdida de los enlaces, ya que las topologías de anillo permiten la redundancia en los enlaces existentes permitiendo que existan diferentes rutas para el tráfico.
- ✓ A partir de la realización de este tipo de proyectos y con los resultados obtenidos en la comprobación de la hipótesis, queda abierta la posibilidad de que el mismo sirva de guía o de referencia para otros de similares características.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la realización de este tipo de investigaciones, porque será un soporte primordial para el diseño de nuevas redes en los servicios de telecomunicaciones, ya que posee una gran capacidad para insertar redes GPON, desplazando definitivamente las redes de cobre.
- Se recomienda que el tendido del cable de fibra óptica y la instalación de los equipos descritos en el desarrollo del proyecto, lo debe realizar personal calificado, a fin de cumplir con todas las especificaciones y normas técnicas dadas por el fabricante y la empresa.
- Además, se debe considerar que el debido mantenimiento se lo realice por lo menos cada dos meses a las estructuras físicas por medio de inspecciones visuales en todos los tramos debido a que son zonas en las que frecuentemente existen fallas ya sea por efectos de cambios bruscos en la naturaleza o por causas humanas.
- Cuando se realizó el análisis del presente proyecto, este dará una solución para la convergencia de todos y cada uno de los servicios que debe iniciarse en un tiempo prudencial, para que se logre un aprovechamiento al máximo de todo el potencial del sistema diseñado.
- Qué ante las nuevas y futuras necesidades, las telecomunicaciones poseen cambios vertiginosos en tiempos cortos, a partir de esta consideración es imperioso sugerir la construcción de redes GPON, ante la saturación y limitación de las capacidades de microondas y cobre.
- Se debe considerar que, en cada uno de los nodos del anillo, deben contar con un sistema de energía de -48 VDC, que tienen la capacidad necesaria para brindar una adecuada alimentación de energía del equipo.

- Se debe considerar que para la realización de los diferentes cálculos con la demanda en telefonía e internet dichos datos sean los más exactos posibles, ya que estos serán utilizados para determinar las proyecciones en cuanto al tiempo establecido.
- Se debe tomar en cuenta que con los últimos avances tecnológicos y la creciente demanda de los servicios actuales, recomiendo a la empresa CNT EP Chimborazo, la implementación del mencionado proyecto, por las importantes ventajas de capacidad de transmisión que brinda la fibra óptica y el equipo ADR, teniendo en cuenta las condiciones actuales de la red de cable coaxial.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Carrion, W., & Cevallos, D. (2011). Estudio y diseño de la red de fibra óptica para el transporte de aplicación triple play en el trayecto de Cuenca - Girón - Pasaje. *Tesis*. Cuenca, Azuay, Ecuador.

Escalante, J. (2010). Estudio y Análisis de factibilidad para la implementación de un anillo de fibra óptica en la ciudad de Riobamba orientado a redes NGN investigado en la CNT ET Chimborazo. *Tesis*. Riobamba, Chimborazo, Ecuador.

Calle, J., & Peñafiel, C. (2012). Diseño de una anillo de fibra óptica para conectar las centrales de Yalancay, Sibambe y la Repetidora de Ayurco en el sector sur de la Provincia de Chimborazo. *Tesis*. Riobamba, Chimborazo, Ecuador

Vásconez, B., & Masabanda, J. (2013). *Diseñode la Propuestas Técnca para la implemenatción de anillos NG-SDH reduntantes para la CNT EP Tungurahua*. Ambato, Tungurahua, Ecuador

Chavéz, N., López, D., & Pedraza, L. (2011). *Modelo para la Protección de Redes Ip*. Mexico: Tecnura.

ClubEnsayos. (10 de agosto de 2012). Obtenido de <https://Fotodetectores.ClubEnsayos.com>

Elizalde L., & Gallegos A. (2010), Estudio y diseño de la red de Telecomunicaciones mediante el uso de Access Media Gateway para el sector Norte de Riobamba, *Tesis* . Riobamba, Chimborazo, Ecuador.

conocimientosopticalfibertransmission. (29 de marzo de 2010). Obtenido de <http://conocimientosopticalfibertransmission.blogspot.com/2010/03/efectos-no-lineales-en-la-fibra.html>

Culqui G., (2009) Estudio y Diseño de una red de transmisión de Fibra Óptica NG – SDH, entre las Telecomunicaciones *Tesis*, Sangolquí, Pichincha,Ecuador,

Guevara S.,(2010.) Análisis y Diseño de un Sistema redundante de Fibra Óptica para la red de Fasnet Cía. Ltda. En Riobamba. *Tesis*, Riobamba, Chimborazo, Ecuador.

Luna E. (2007), Estudio de factibilidad y diseño de una red que brinde servicios Tripple Play en el sector de Pueblo Blanco mediante la implementación de un Access Media Gateway (AMG), que se conectará al softswitch de ANDINATEL S.A., Quito, Pichincha, Ecuador.

es.scribd. (05 de febrero de 2013). Obtenido de <https://es.scribd.com/document/349836649/Velocidad-de-La-Luz-en-el-vacio>

espectroelectromagntico.blogspot. (30 de mayo de 2012). Obtenido de <http://espectroelectromagntico.blogspot.com>

Faletti, P. E. (2013). *Introducción a las fibras ópticas*. Argentina: Forumsur Argentina.

fibraopticaenredes.blogspot. (10 de junio de 2011). Obtenido de <http://fibraopticaenredes.blogspot.com>

Goméz. (2012). *Ciencia-Logica fibra Óptica*. Mexico: editorial Grupo exelca, c.a.

Hall. (2011). *Componentes de la Fibras Óptica*. Mexio: Prentices Hispanoamericana.

Hurtado, W., & Sigcho, D. (2016). Diseño e implementación de un dispositivo electrónico con interfaz de red industrial para integrarse a un sistema Scada. *Tesis* (pág. 35). Riobamba: Freire.

lamecanicacelestedeldrbarttleboom. (29 de mayo de 2012). Obtenido de <https://lamecanicacelestedeldrbarttleboom.wordpress.com/2012/05/29/caracteristicas-de-la-fibra-optica/>

med.se-todo. (03 de 12 de 2009). Obtenido de <http://med.se-todo.com/himiya/24259/index.html>

MEDware. (12 de 12 de 2011). Obtenido de <https://MEDware.com/chi-ciadrado/La-prueba-ji-cuadrado>

Ortega S., & Gibson A. (2010). *Percepciones del ángulo crítico*. Mexico: Ediciones Gonzales.

Perca, K., Ganuza, J., & Viencens, M. (2012). *Las Redes de Nueva Generación-un modelo para las telecomunicaicones*. España: EdiSaragoza.

phenom-tech. (30 de 03 de 2010). Obtenido de <http://phenom-tech.blogspot.com>

ANEXO 1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Lea detenidamente cada pregunta y conteste lo más sinceramente posible a cada una de ellas e indique con una X dentro del paréntesis su posible respuesta.

“Estudio y Diseño de un anillo de Fibra Óptica para interconectar a varias centrales y repetidoras de la CNT EP Chimborazo para brindar servicios de datos de alta velocidad y Tripple Play”

1.- ¿Cuenta usted con el servicio de telefonía fija en su domicilio?

SI () NO ()

2.- ¿Cuenta usted con el servicio de internet en su domicilio?

SI () NO ()

3.- ¿Está usted satisfecho, con los servicios de banda ancha que provee la CNT EP?

SI () NO ()

4.- ¿En alguna oportunidad, tuvo una interrupción de señal de internet en su domicilio o sector?

SI () NO ()

5.- ¿Ha sufrido algún tipo de inconveniente, cuando se le ha ido la señal de internet?

SI () NO ()

6.- ¿Sabe usted en que consiste el servicio de Tripple play que brinda la CNT EP?

SI () NO ()

7.- ¿Si le ofrecen el servicio de Tripple play en su domicilio, usted lo contrataría?

SI () NO ()

8.- ¿Conoce usted del servicio de datos de alta velocidad que ofrece la CNT EP Chimborazo?

SI () NO ()

9.- ¿Considera usted, que la velocidad en cuanto al servicio de internet es baja?

SI () NO ()

10.- ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por contratar este servicio de Tripple play?

\$30,00 () 40,00() \$50,00 ()

ANEXO 2

Ubicación de los Nodos que forman parte del anillo de la parte urbana y rural de la ciudad de Riobamba.



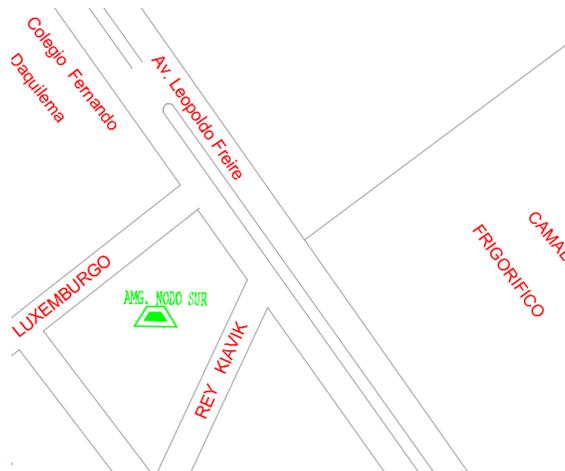
ANEXO 3

Ubicación de Nodos

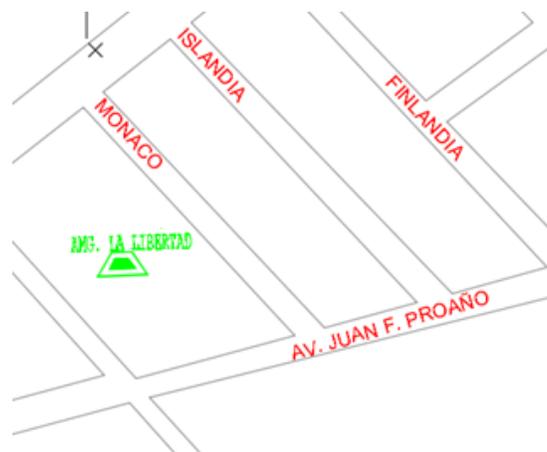
Se muestra la distribución de cada uno de los Nodos que forman parte del anillo y además de un croquis de la ubicación exacta en las que se encuentra.

Nodo Sur

Este nodo provee del servicio a los todos barrios de la parte sur de la ciudad de Riobamba además de que cuenta con unas oficinas para la atención de clientes que requieran de diferentes servicios adicionales que proporciona la CNT EP Chimborazo.



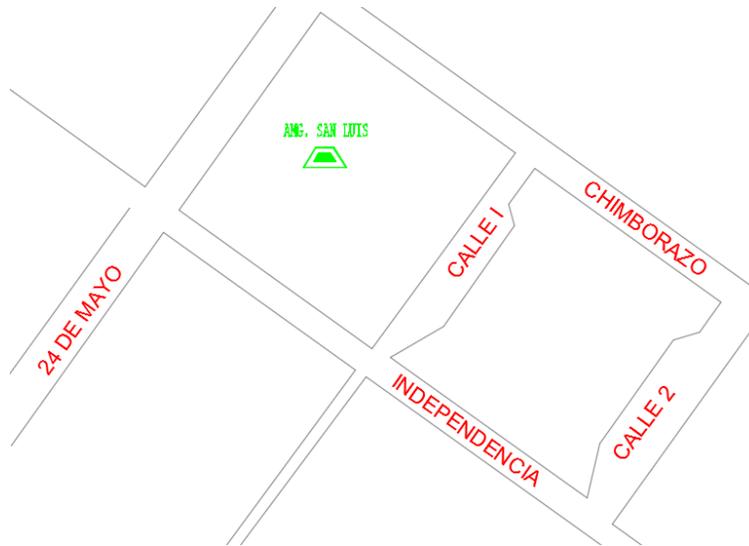
La Libertad



Este nodo ubicado estratégicamente en el Barrio La Libertad provee el servicio a los todosusuarios de esta localidad de este sector de la ciudad de Riobamba

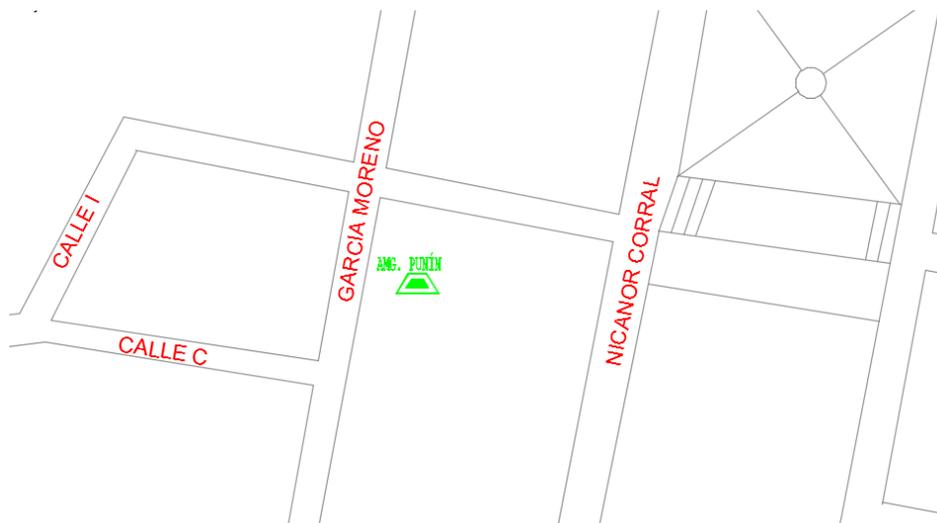
San Luis

Este nodo se encuentra ubicado en la parroquia de San Luis, en la parte céntrica de dicha parroquia, el mismo que dota del servicio a los todos usuarios de la parroquia rural y de todos sus alrededores, de este sector de la ciudad de Riobamba.



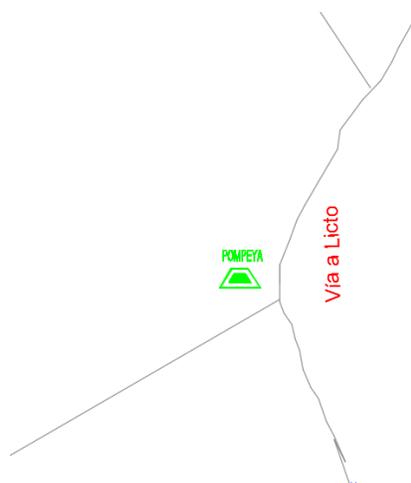
Punín

Este nodo se encuentra ubicado en el centro de la parroquia de Punín, el mismo que dota del servicio a los todos usuarios de la parroquia rural y de todos sus alrededores, de este sector de la ciudad de Riobamba.



Pompeya

Este nodo se encuentra ubicado entre las parroquias de Flores y Licto, estratégicamente en la localidad de Pompeya en la vía a Licto, el mismo que dota del servicio a los todos usuarios y de sus alrededores de dicha localidad de este sector de la ciudad de Riobamba.



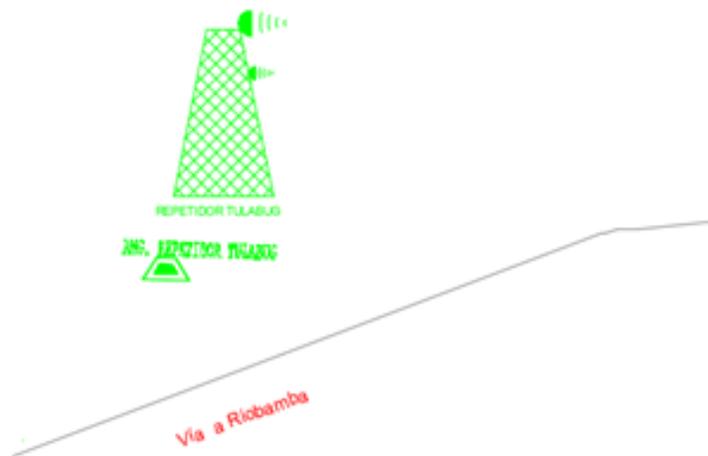
Licto

Este nodo se encuentra ubicado en la parroquia rural de Licto, el mismo que provee del servicio a los todos usuarios y de sus alrededores de dicha parroquia de este sector de la ciudad de Riobamba.



Repetidor Tulabug (Nodo B)

Esta repetidora también forma parte del anillo planteado del proyecto el mismo que se encuentra ubicado entre la parroquia de Licto y la vía al cantón Chambo, estratégicamente en la localidad del cerro del mismo nombre en la vía a Riobamba, este se encarga de amplificar las señales de los nodos asociados a este para mejorar todos y cada uno de los servicios a los usuarios y de sus alrededores de dicha localidad de este sector de la ciudad de Riobamba.



SUPERTEL (ARCOTEL)

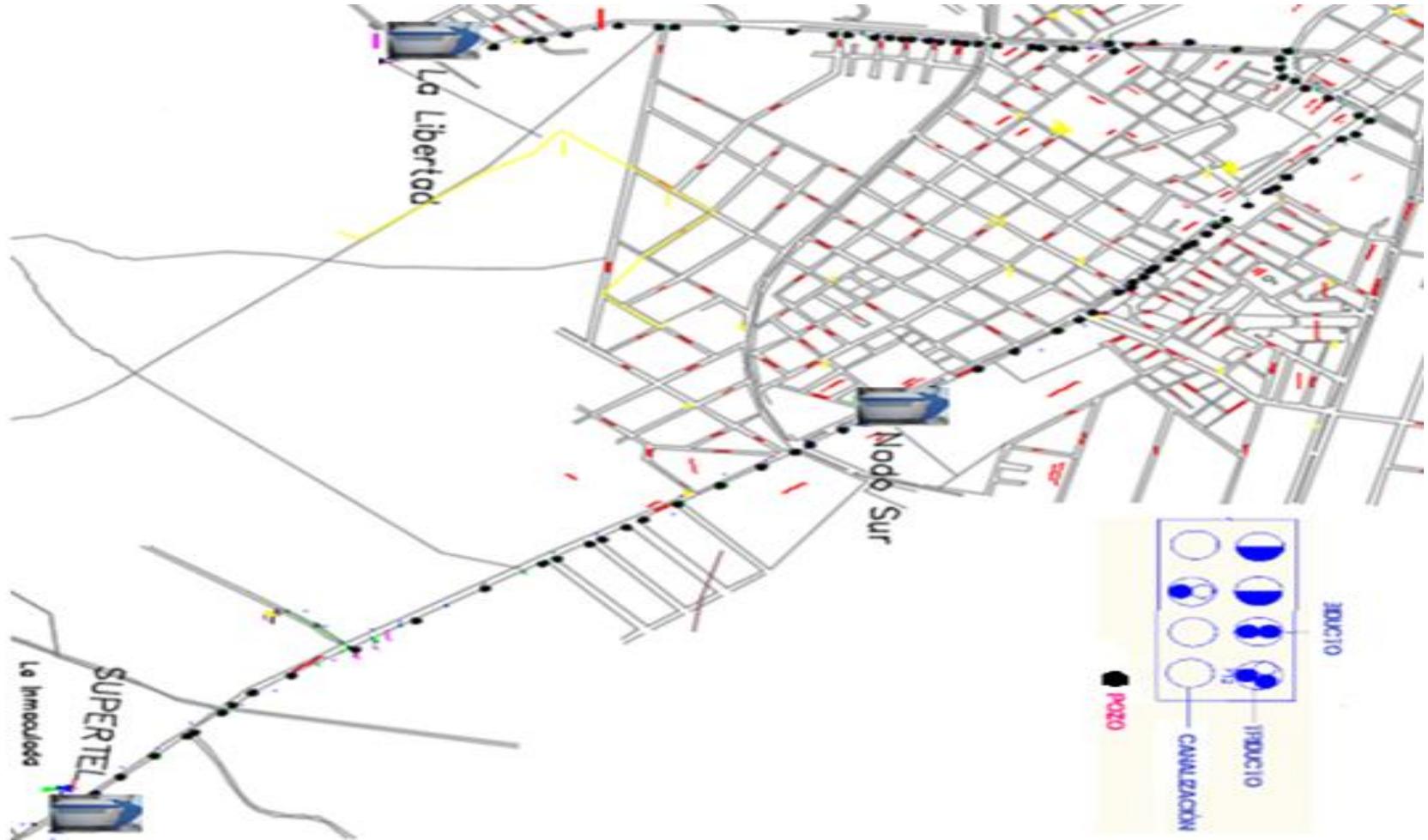
Este nodo se encuentra ubicado en el barrio La Inmaculada entre la vía Riobamba - Licto, Riobamba – Chambo, en el interior del organismo de control denominado hoy por hoy ARCOTEL, el mismo que brinda los servicio a los todos usuarios y de sus alrededores de dicha localidad de este sector sur de la ciudad de Riobamba.



ANEXO 4

Plano de pozos del sur de la ciudad de Riobamba.

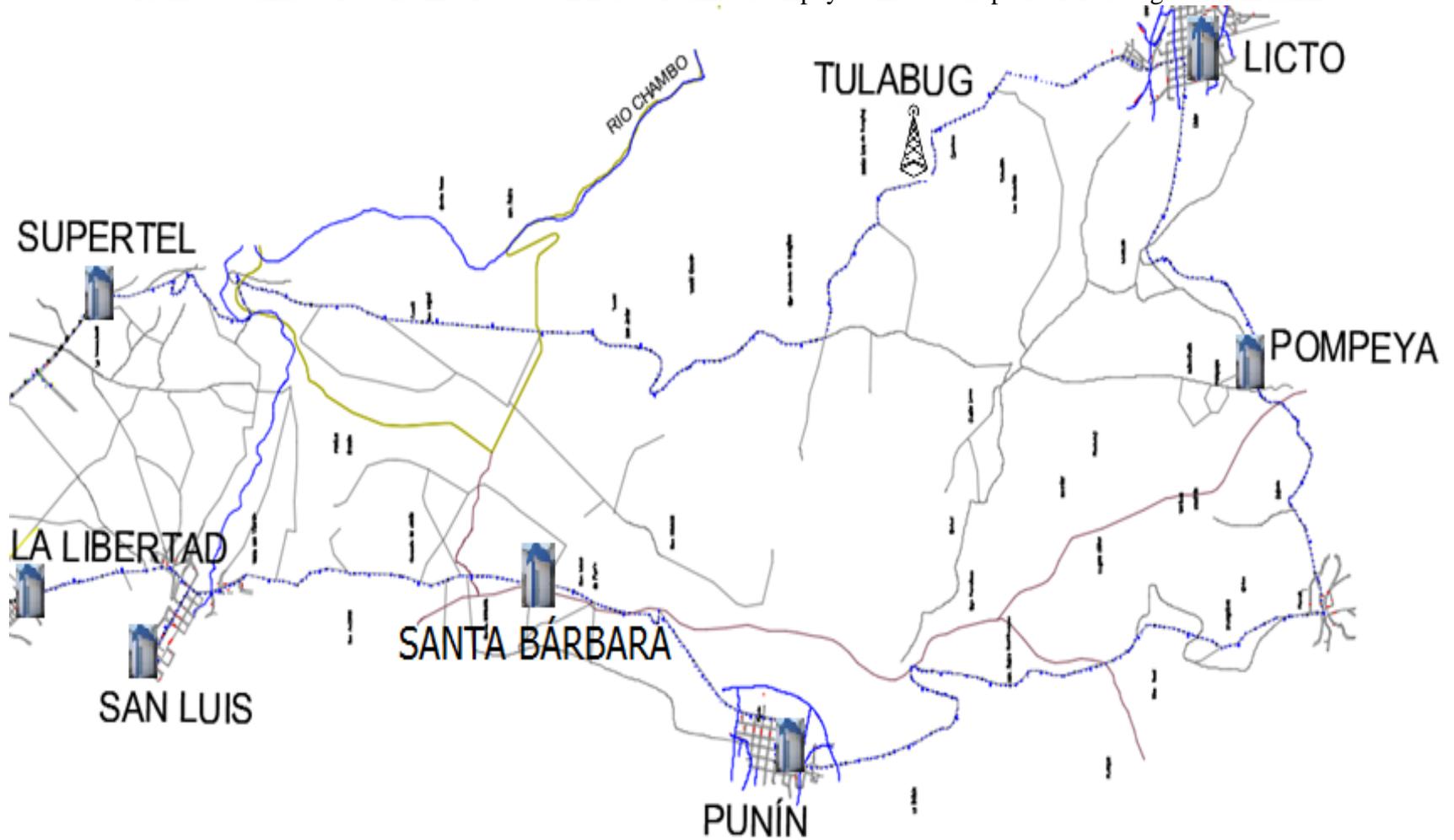
Tramo del anillo canalizado: Nodo Sur – La Libertad y SUPERTEL - Nodo Sur



ANEXO 5

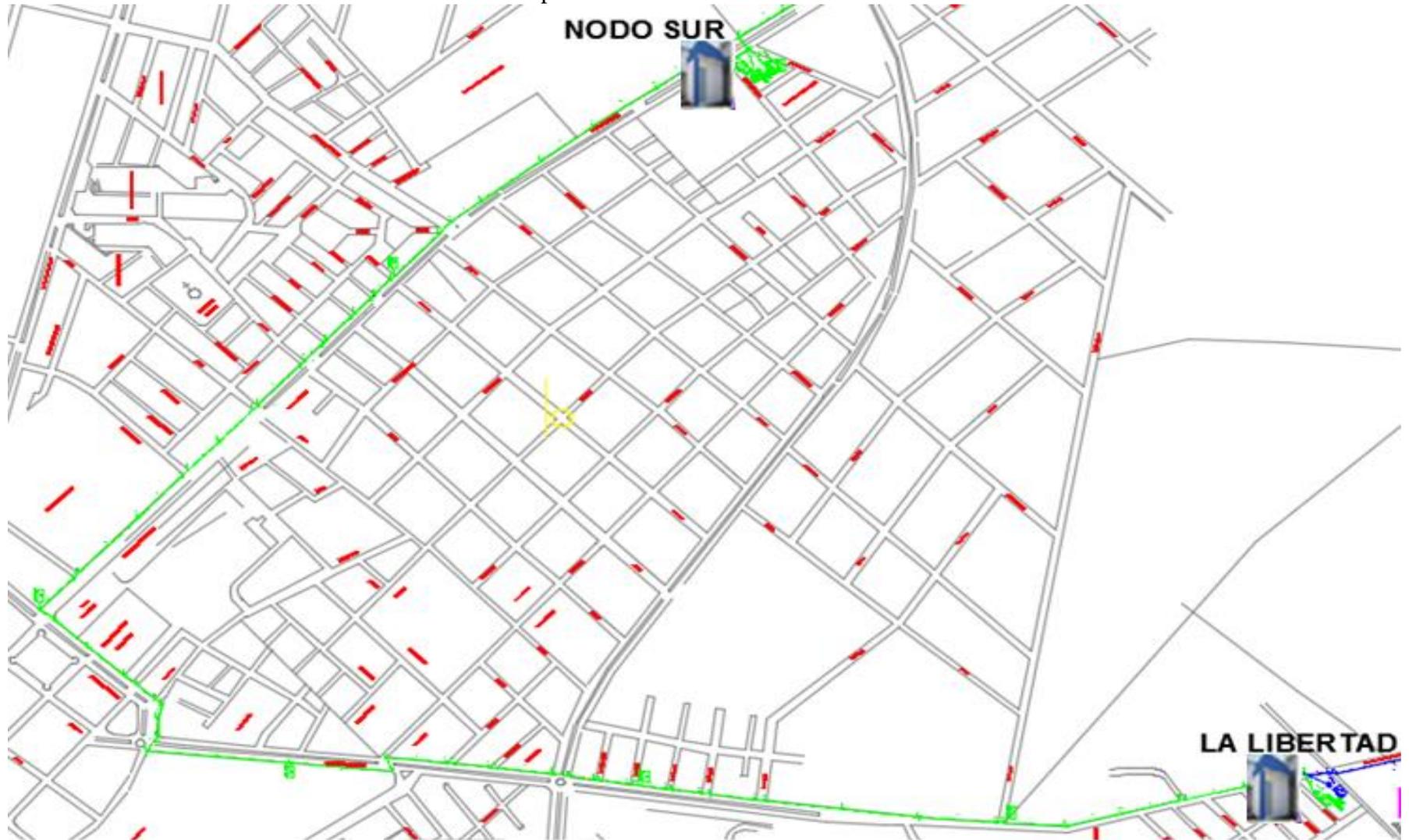
Plano de potes del área rural del sur de la ciudad de Riobamba.

Tramo del anillo aéreo: La Libertad – San Luis – Punín – Pompeya – Licto – Repetidor Tulabug – SUPERTEL



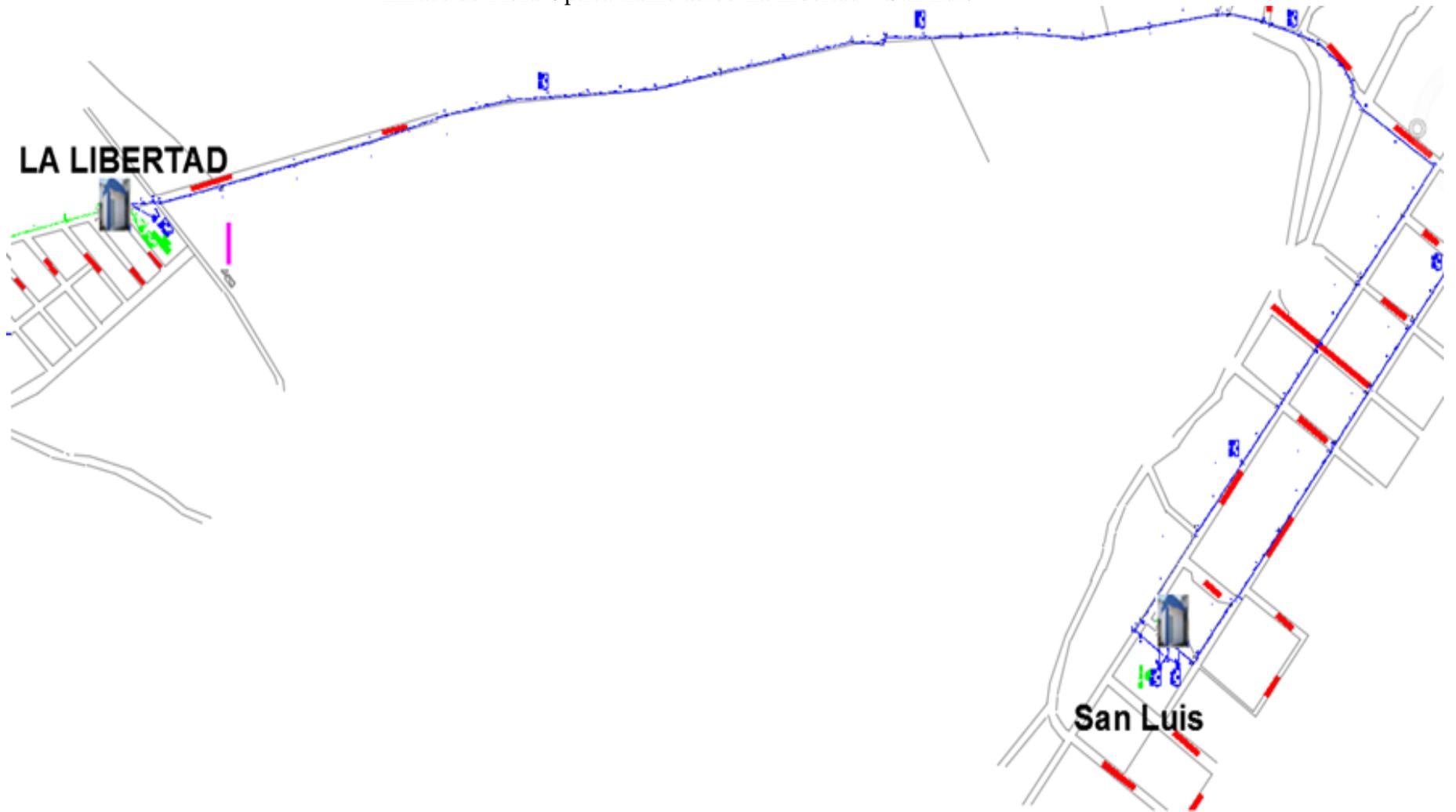
ANEXO 6

Enlace de Fibra Óptica tramo canalizado Nodo Sur- La Libertad



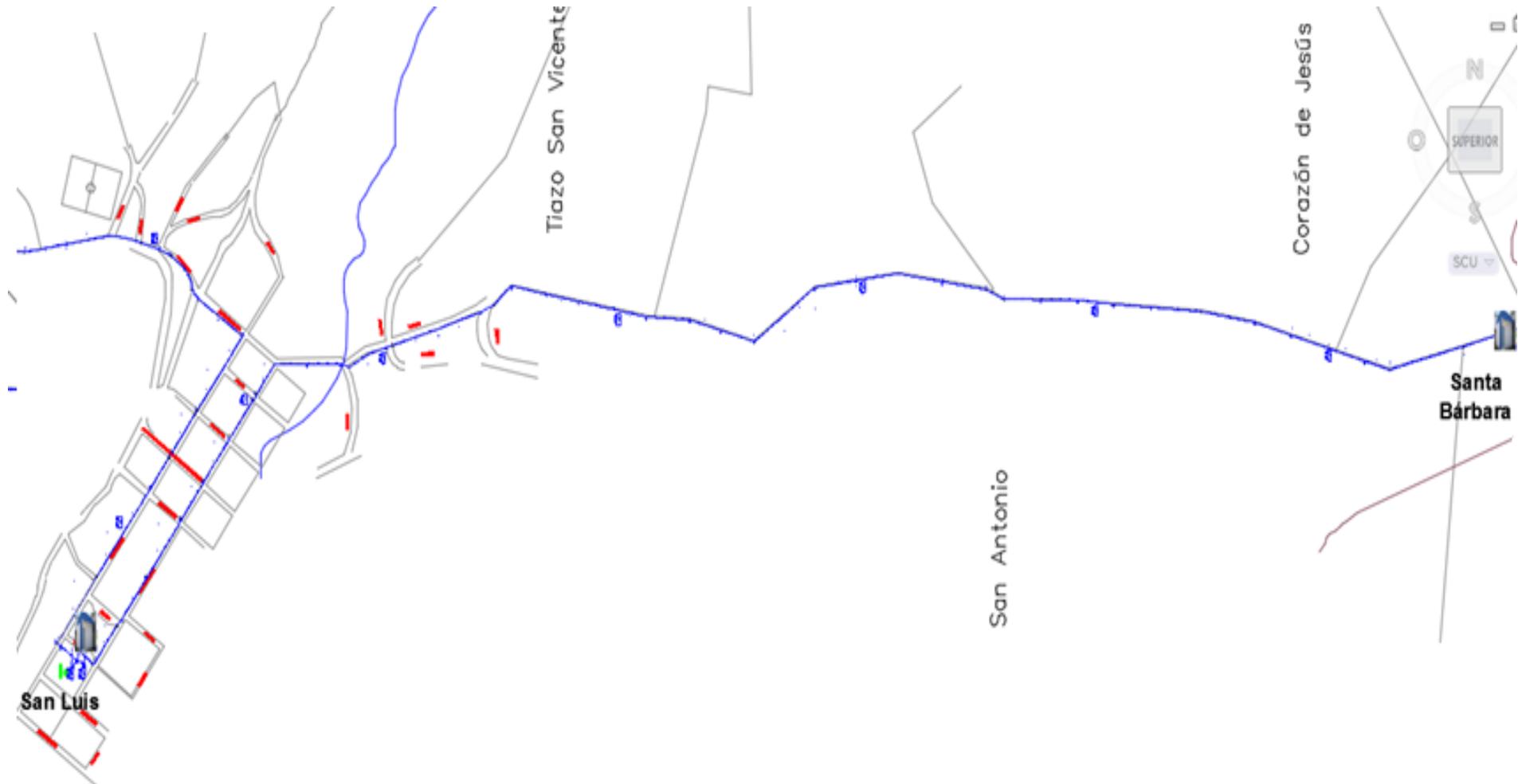
ANEXO 7

Enlace de Fibra Óptica tramo aéreo La Libertad – San Luis.



ANEXO 8

Enlace de Fibra Óptica tramo aéreo San Luis – Santa Bárbara

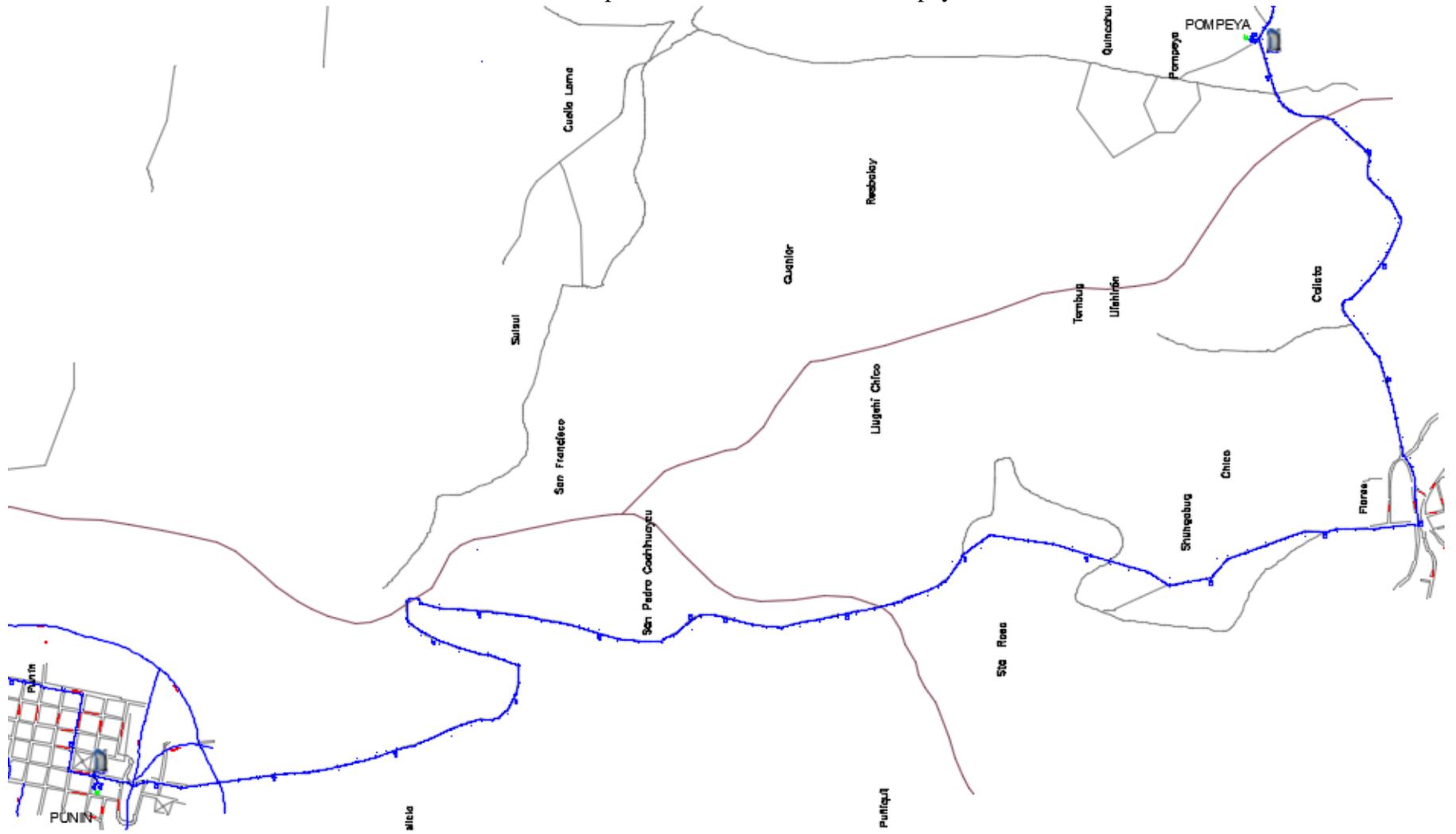


ANEXO 9

Enlace de Fibra Óptica tramo aéreo Santa Bárbara – Punín.

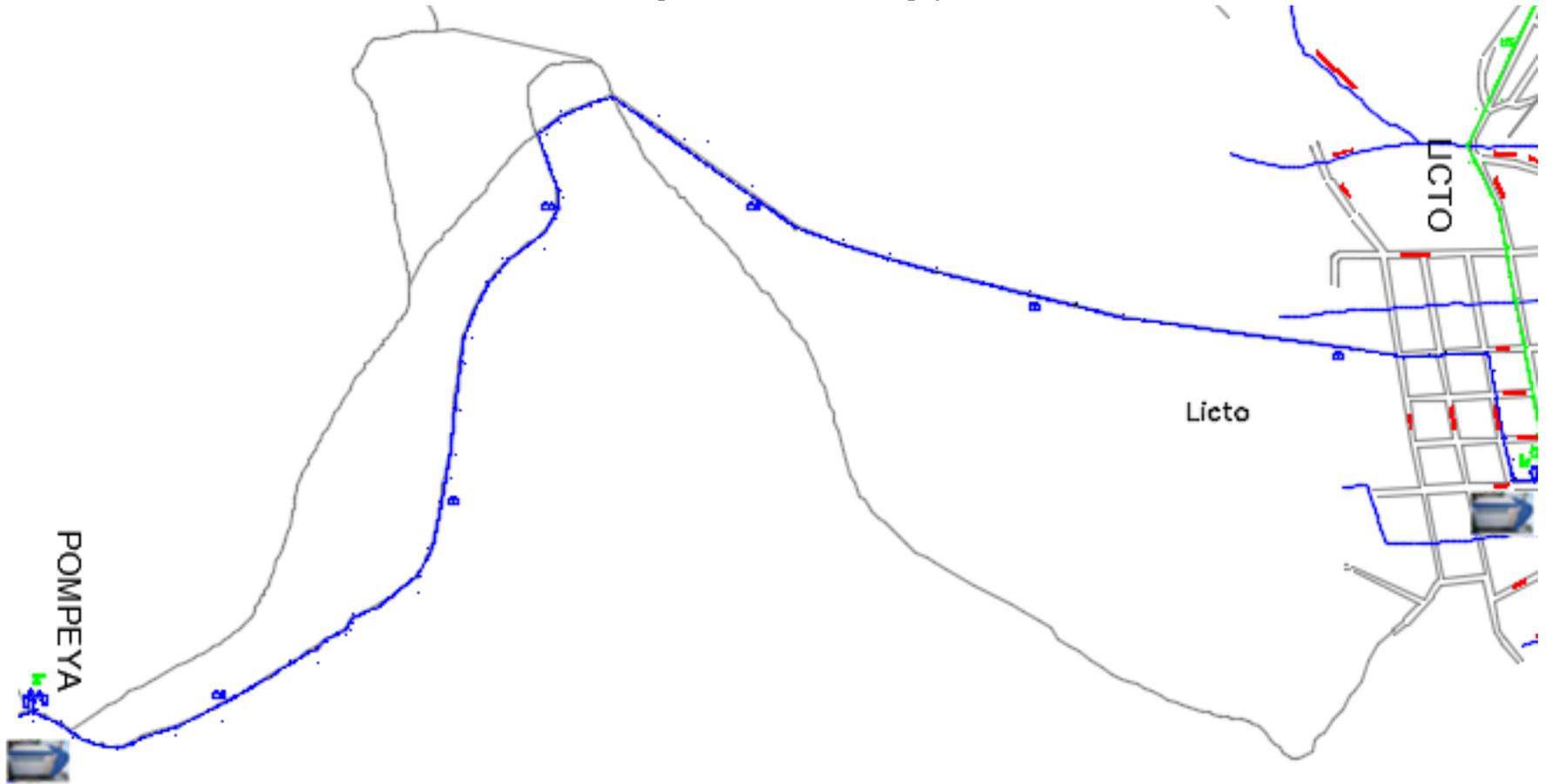


ANEXO 10
Enlace de Fibra Óptica tramo aéreo Punín – Pompeya



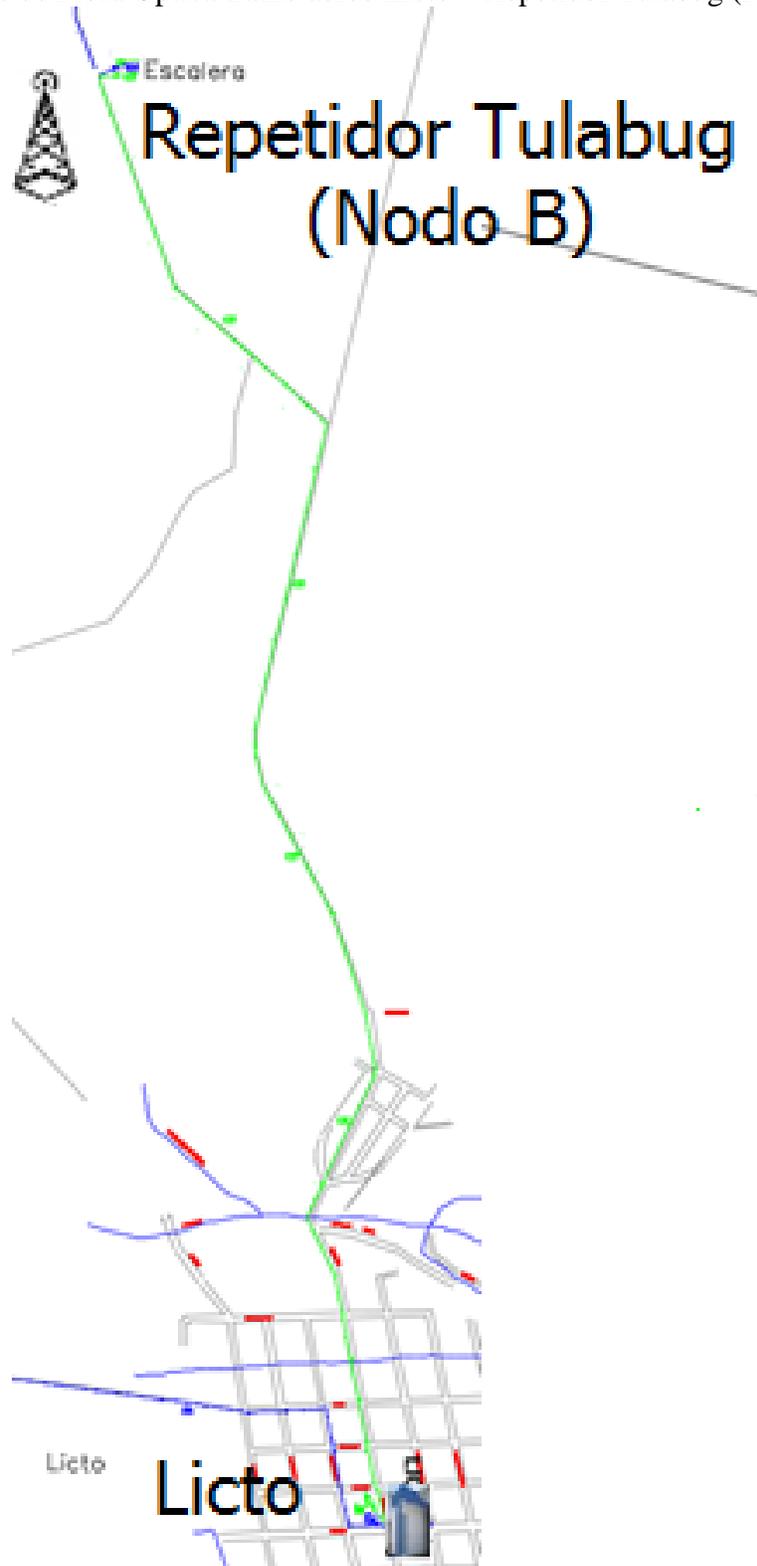
ANEXO 11

Enlace de Fibra Óptica tramo aéreo Pompeya – Licto



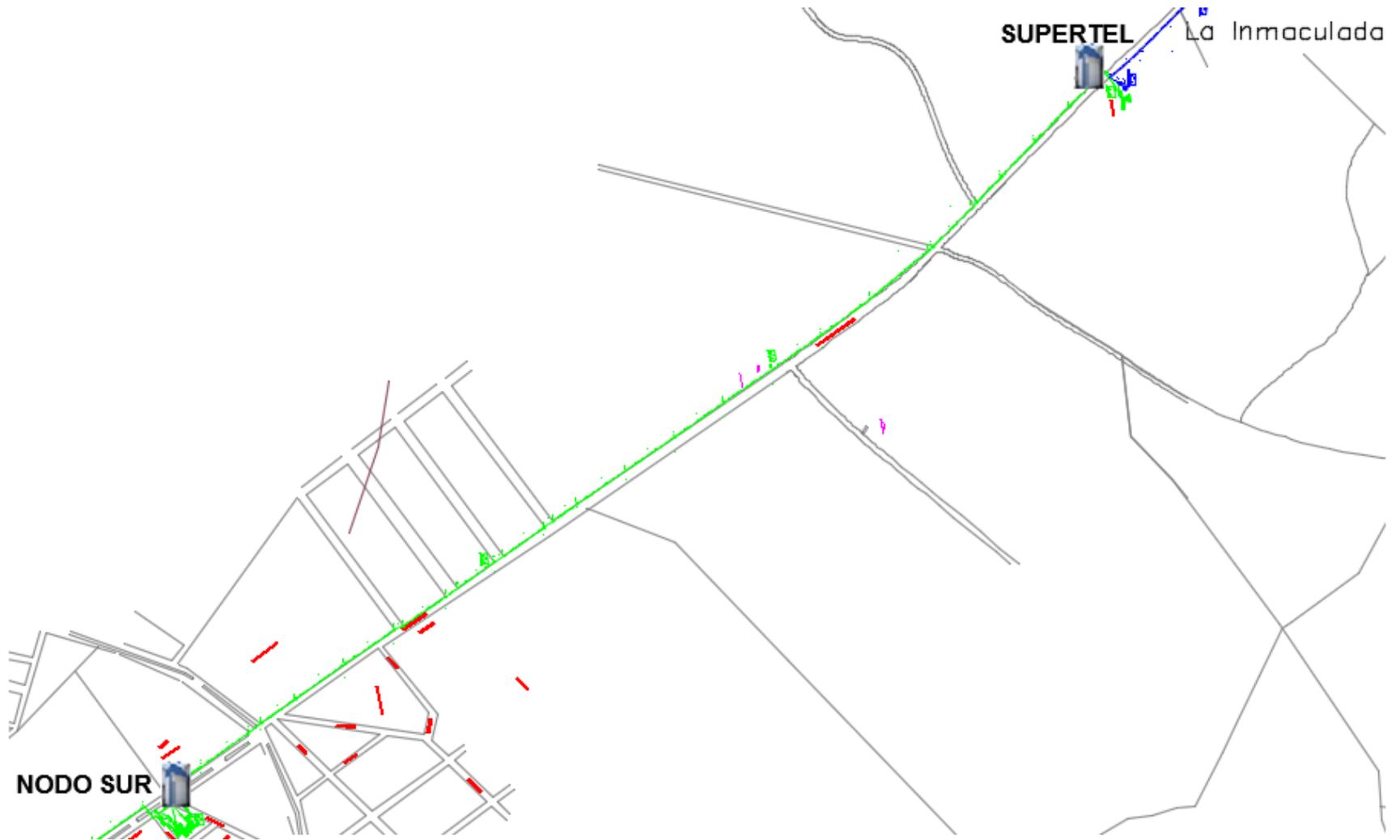
ANEXO 13

Enlace de Fibra Óptica tramo aéreo Licto – Repetidor Tulabug (Nodo B)



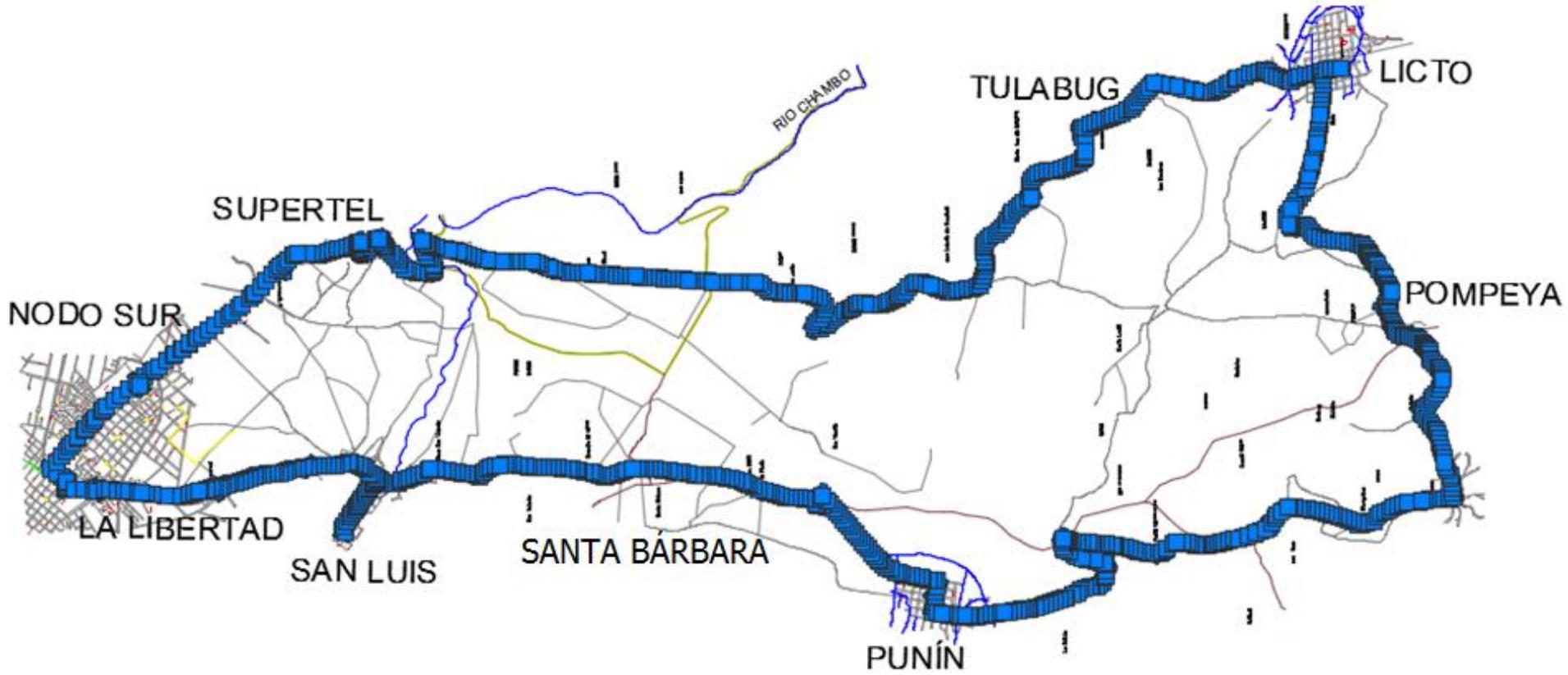
ANEXO 14

Enlace de Fibra Óptica tramo canalizado ARCOTEL (SUPERTEL) - Nodo Sur.



ANEXO 15

Enlace de Fibra Óptica anillo completo.



ANEXO 16

Especificaciones técnicas del tipo de cable de fibra óptica a utilizarse

Fibra monomodo G.652.D

Características generales

Esta especificación corresponde a fibras optimizadas para la transmisión en las longitudes de onda de 1310 nm a 1550 nm, incluida la región de 1383 nm y de acuerdo a la subcategoría O.652.D de la ITU-T.
El núcleo está compuesto por dióxido de silicio dopado, rodeado por un recubrimiento de dióxido de silicio, el revestimiento está formado por dos capas de acrílico curado mediante UV.

Características ópticas y geométricas

Parámetros ópticos		Fibra no cableada	Fibra cableada	Parámetros geométricos	
Atenuación a 1310 nm		≤ 0,35 dB/Km	≤ 0,37 dB/Km	Diámetro de campo modal 1310 nm	9,20 ± 0,40 μm
Atenuación a 1383 nm		≤ 0,35 dB/Km	≤ 0,37 dB/Km	Diámetro de campo modal 1550 nm	10,40 ± 0,50 μm
Atenuación a 1550 nm		≤ 0,21 dB/Km	≤ 0,24 dB/Km	Error concentricidad núcleo/cladding	≤ 0,4 μm
Atenuación a 1625 nm		≤ 0,23 dB/Km		Diámetro cladding	125,0 ± 0,50 μm
Atenuación en 1285-1625 nm		≤ 0,40 dB/Km		Error concentricidad coating/cladding	≤ 12 μm
Punto de discontinuidad máxima en 1310 y 1550 nm		≤ 0,03 dB		No circularidad coating	≤ 10 %
Longitud de onda de corte		1100 - 1320 nm	≤ 1260 nm	Diámetro coating (coloreado)	250 ± 15 μm
Punto de dispersión cero		1300-1324 nm			
Pendiente de dispersión cero		≤ 0,090 ps/nm ² .Km			
Dispersión cromática en 1285 -1330 nm		≤ 3,3 ps/nm.Km			
Dispersión cromática en 1550 nm		≤ 18,0 ps/nm.Km			
Dispersión cromática en 1625 nm		≤ 22,0 ps/nm.Km			
FMD fibra individual		≤ 0,15 ps/√Km			
FMDq (Q=0,01%, N=20)		≤ 0,08 ps/√Km			

Características mecánicas y ambientales

Características mecánicas	
Proof test level	1,2 % (120 kpsi, 0,86 GPa)
Radio de curvatura mínima	30 mm
Atenuación inducida por macrocurvatura:	
1 vuelta sobre 32 mm a 1550 nm	≤ 0,30 dB
100 vueltas sobre 50 mm a 1310 nm	≤ 0,05 dB
100 vueltas sobre 50 mm a 1550 nm	≤ 0,10 dB
100 vueltas sobre 60 mm a 1625 nm	≤ 0,30 dB
Fuerza de pelado (F) (valor de pico)	1,3 N ≤ F ≤ 8,9
Fuerza de pelado (F) (valor medio)	1 N ≤ F ≤ 3
Fatiga dinámica (nd)	20 (valor típico)
Fatiga estática (ns)	20 (valor típico)

Características ambientales	
Atenuación inducida a 1310, 1550 y 1625 nm:	
-60°C — +85°C ciclo de temperatura	≤ 0,05 dB/Km
-10°C — +85°C/ hasta 98% RH. Ciclo temperatura y humedad	≤ 0,05 dB/Km
+85°C +/- 2° C. Calor seco	≤ 0,05 dB/Km
+23°C +/- 2° C. Inmersión en agua	≤ 0,05 dB/Km

Valores típicos

Índice de refracción de grupo efectivo	
1310 / 1383 nm	1,466
1550 nm	1,467
1625 nm	1,470

Información de Contacto

Oficinas Centrales

Polígono Industrial Centravía
c/ Buenos Aires, 18
50196 La Alfranca, Zaragoza
España

Teléfono: (+34) 976 14 18 00
Fax: (+34) 976 14 18 10
comercial@telnet-r.es

Oficina Comercial en Madrid

Avda. Menéndez Pelayo, 83 - 1° A
28007 Madrid
España

Teléfono: (+34) 91 434 39 92
Fax: (+34) 91 434 40 84

Filial en Portugal

NETIBERTEL
Avenida da Liberdade, 110
1269-046 Lisbon
Portugal

Specifications	OSN 3500	
Dimensions	722 mm (H) x 497 mm (W) x 295 mm (D)	
Switch Capacity	Packet: 100 Gbit/s and TDM: 200 Gbit/s (higher order), 20 Gbit/s (lower order)	
Service Slots	15 slots for processing boards and 16 slots for interface boards	
Supported Interface	Ethernet interface	FE/GE/10GE
	SDH interface	STM-1/4/16/64
	PDH interface	E1/E3/E4/T1/T3
	ATM interface	E1, STM1
	WDM interface	40-channel DWDM interfaces, compliant with ITU-T G.694.1 8-channel CWDM interfaces, compliant with ITU-T G.694.2
Other interface	DDN, SAN, Video, PCM	
Networking Mode	<ul style="list-style-type: none"> Supporting pure packet, hybrid (packet + SDH) or SDH networking Supporting WDM networking Supporting single-fiber bidirectional transmission 	
Power Supply	-38.4~ -72V DC; 110/220V AC (External module)	
Operation Environment	Temperature	Relative Humidity
	Long term: 0°C – 45°C	10% – 90%
	Short term: -5°C – 55°C	5% – 95%
Ethernet Feature	<ul style="list-style-type: none"> E-Line and E-LAN, QinQ MPLS-TP based VPWS and VPLS Multi-section pseudo-wire (MS-PW) ETH PWE3, TDM PWE3, ATM/MMA PWE3 IGMP Snooping V1/V2/V3 Blacklist, Broadcast packet suppression, ACL VLAN SWAP 	
QoS	<ul style="list-style-type: none"> Hierarchical QoS scheduling and traffic shaping Diffserv mode based on traffic classification, eight priority queues Simple traffic classification, complex traffic classification, per hop behavior (PHB), and ACL Committed access rate (CAR), shaping based on port scheduling priority PQ scheduling priority, weighted fair queuing (WFQ) and PQ+WFQ queuing Tail drop and weighted random early detection (WRED) 	
OAM	MPLS-TP OAM	LSP/PW OAM: <ul style="list-style-type: none"> CC, LB, LT ALS, RDI LM, DM LCK, TST CSF
	MPLS OAM	LSP/PW OAM: FDI, BDI, CV, FFD, TraceRoute, Ping, LM, DM PW OAM: CES PW VCCV
	Ethernet OAM	ETH-CC, ETH-Loopback, ETH-Link Trace, Remote Loopback, Remote Fault Detection, RMON(RFC 2819)
Protection	Equipment-level Protection	Cross-connect 1+1 backup, control board 1+1 backup and power 1+1 backup, clock 1+1 backup
	MPLS-TP based Service Protection	<ul style="list-style-type: none"> LSP/PW Linear protection, Ring protection Anti multifailure protection based on MS-PW LAG, MC-LAG, Dual-homing protection, LPT
	SDH based Service Protection	<ul style="list-style-type: none"> Mesh Protection and restoration (ASON) 2/4 fiber MS-SP Ring 1+1/1:n (n≤14) Linear MSP SNCP/SNCPM/SNCTP 1:N tributary protection for E1/T1, E3/T3, E4, STM-1(e) and FE
Synchronization	<ul style="list-style-type: none"> Both Ethernet and SDH networks supporting clock synchronization Supporting G.813, Synchronous Ethernet and IEEE 1588v2 synchronization Adaptive clock recovery (ACR) Two external clock inputs/outputs (2 MHz or 2 Mbit/s) Two external time signals (1 pps+TOD) 	

ANEXO 17

Cálculos de proyección en telefonía

$$D_{(t)} = D_0(1 + i)^t$$

Localidad	N° de usuarios actuales
La Libertad	421 usuarios
Licto	182 usuarios
Pompeya	22 usuarios
Punín	136 usuarios
Supertel	428 usuarios
Nodo Sur	1.091 usuarios
TOTAL	2.218 usuarios

Proyección de la demanda actual en Telefonía para un tiempo de 5 y 10 años.

$$D_{(5)} = 182 (1 + 0.02)^5$$

$$D_{(10)} = 182 (1 + 0.02)^{10}$$

$$D_{(5)} = 200.94 \cong 200 \text{ usuarios}$$

$$D_{(10)} = 221.85 \cong 222 \text{ usuarios}$$

$$D_{(5)} = 1091 (1 + 0.02)^5$$

$$D_{(10)} = 1091 (1 + 0.02)^{10}$$

$$D_{(5)} = 1204.55 \cong 1205 \text{ usuarios}$$

$$D_{(10)} = 1329.92 \cong 1330 \text{ usuarios}$$

$$D_{(5)} = 421 (1 + 0.02)^5$$

$$D_{(10)} = 421 (1 + 0.02)^{10}$$

$$D_{(5)} = 464.8 \cong 465 \text{ usuarios}$$

$$D_{(10)} = 513.2 \cong 513 \text{ usuarios}$$

Localidad	N° de usuarios actuales	N° de usuarios proyectados en 5 años	N° de usuarios proyectados en 10 años
La Libertad	421 usuarios	465 usuarios	513 usuarios
Licto	182 usuarios	200 usuarios	222 usuarios
Pompeya	22 usuarios	25 usuarios	27 usuarios
Punín	136 usuarios	150 usuarios	166 usuarios
Supertel	428 usuarios	473 usuarios	522 usuarios
Nodo Sur	1.091 usuarios	1.205 usuarios	1.330 usuarios
TOTAL	2.218 usuarios	2.518 usuarios	2.780 usuarios

ANEXO 18

Cálculos del ancho de banda.

$$N^{\circ}_{Corporativos} = D_0 \times 0.05$$

$$N^{\circ}_{Corporativos} * 5Mbps * 0.8$$

$$N^{\circ}_{Masivos} = D_0 - N^{\circ}_{Corporativos}$$

$$N^{\circ}_{Masivos} * 3Mbps / 8 * 0.6$$

D_0 : Demanda actual de cada una de las centrales

Demanda actual en Telefonía

Localidad	N° de usuarios actuales
La Libertad	295 usuarios
Licto	61 usuarios
Pompeya	19 usuarios
Punín	47 usuarios
Supertel	314 usuarios
Nodo Sur	768 usuarios
Total	1.444 usuarios

$$N^{\circ}_{Corporativos} = 768 \times 0.05 =$$

$$38.4 \cong 40$$

$$40 * 5 Mbps * 0.8 = 160 Mbps$$

$$N^{\circ}_{Masivos} = 768 - 40 = 728$$

$$278 * 3 Mbps / 8 * 0.6 = 62.5 Mbps$$

$$N^{\circ}_{Corporativos} = 295 \times 0.05 =$$

$$14.75 \cong 20$$

$$20 * 5 Mbps * 0.8 = 80 Mbps$$

$$N^{\circ}_{Masivos} = 295 - 20 = 275$$

$$275 * 3 Mbps / 8 * 0.6$$

$$= 61.88 Mbps$$

$$N^{\circ}_{Corporativos} = 61 \times 0.05 =$$

$$3.05 \cong 3$$

$$3 * 5 Mbps * 0.8 = 12 Mbps$$

$$N^{\circ}_{Masivos} = 61 - 3 = 58$$

$$58 * 3 Mbps / 8 * 0.6 = 13.05 Mbps$$

ANEXO 19

ITU-T

The long-time leader in optical fibre and cable standardization

Major Recommendations:

G.650.1, G.650.2, G.650.3 Definitions and test methods for use in factory and installed single-mode fibre and cables

G.652 The characteristics of a single-mode optical fibre and cable with zero-dispersion wavelength around 1310 nm, but which can also be used in the 1550 nm region

G.653 The characteristics of a single-mode optical fibre and cable with zero-dispersion wavelength shifted into the 1550 nm region, specified to take advantage of the attenuation minimum in that spectral region

G.654 The characteristics of a single-mode optical fibre and cable with zero-dispersion wavelength around 1300 nm, with the cut-off wavelength shifted and the loss optimized for use in the 1530-1625 nm region

G.655 The characteristics of a single-mode optical fibre and cable, which has the absolute value of the chromatic dispersion coefficient greater than some non-zero value throughout the wavelength range from 1530 to 1565 nm, in order to reduce the growth of non-linear effects which can be particularly deleterious in DWDM systems

G.656 The characteristics of a single-mode optical fibre and cable which has the positive value of the chromatic dispersion coefficient greater than some non-zero value throughout the wavelength range of 1460-1625 nm

G.657 The characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable for the access network

These standards provide attributes and values for optical fibres and cables which are needed to support:

- Network applications such as those recommended in Recommendation **ITU-T G.957** up to 2.5 Gbit/s
- Network applications up to 10 Gbit/s in Recommendation **ITU-T G.691**, and 40 Gbit/s in Recommendations **ITU-T G.693** and **ITU-T G.959.1**, which may include Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)
- Network applications in the extended E- and S-band wavelength range from 1360 to 1625 nm, as in **ITU-T G.695** for Coarse Wavelength Division Multiplexing (CWDM)
- Repeatered and repeaterless optical submarine systems as described in Recommendations **ITU-T G.977**, **ITU-T G.973**, **ITU-T G.973.1**, **ITU-T G.973.2**, which may also include DWDM
- Passive Optical Networks (PONs) such as those described in Recommendations **ITU-T G.983.x** and **ITU-T G.984.x**

For more information on optical fibre and cable Recommendation activity, please check the ITU-T Study Group 15 website at: www.itu.int/ITU-T/com15

Workshops: www.itu.int/ITU-T/worksem
e-flash and news: www.itu.int/ITU-T/news
Membership: www.itu.int/ITU-T/membership



International Telecommunication Union

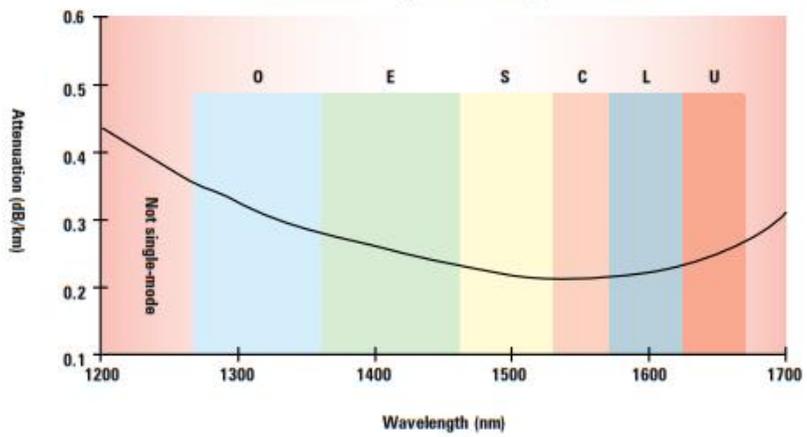
Optical Fibres and Cables

ITU-T

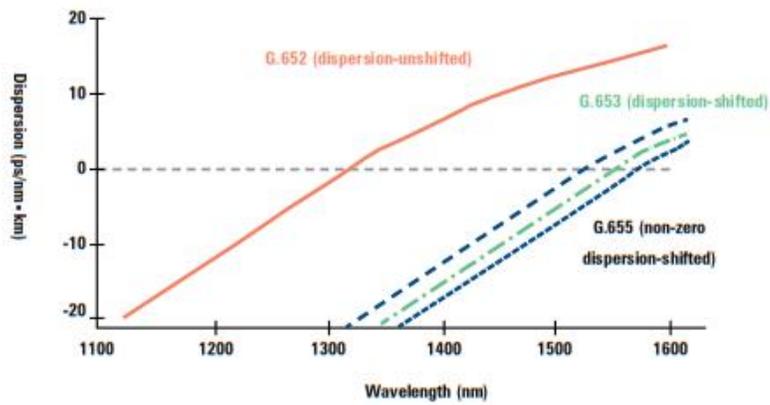


09/2013 telnum@itu.int

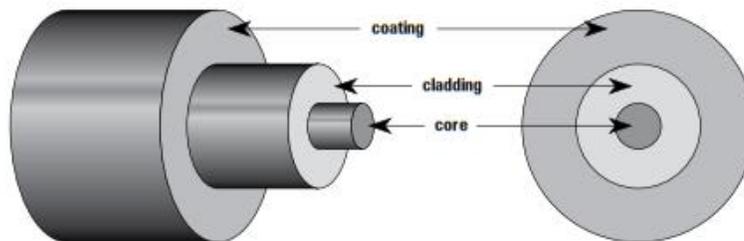
Single-mode fibre inherent attenuation throughout the six spectral bands



Chromatic dispersion: the rate of pulse spreading, which can limit a fibre's information-carrying capacity



An optical fibre consists of a light-guiding core, a glass cladding, and a plastic coating for abrasion protection



ITU-T Recommendations are available from the ITU website.
 See: www.itu.int/publications/bookshop/how-to-buy.html
 (this site includes information on free access to ITU-T Recommendations)

ANEXO 20

Cálculos X^2

$$fe = \frac{T_C \times T_F}{\Sigma_T}$$

$$fe1 = \frac{(54)(60)}{155}$$

$$fe2 = \frac{(54)(95)}{155}$$

$$fe1 = 20.9$$

$$fe2 = 33.09$$

$$fe1 = \frac{(101)(60)}{155}$$

$$fe2 = \frac{(101)(95)}{155}$$

$$fe1 = 39.09$$

$$fe2 = 61.09$$

$$X^2_{CALCULADO} = \frac{(22 - 20.9)^2}{20.9} + \frac{(38 - 39.09)^2}{39.09} + \frac{(32 - 33.09)^2}{33.09} + \frac{(63 - 61.9)^2}{61.9}$$

$$X^2_{CALCULADO} = 0.05 + 0.03 + 0.03 + 0.02$$

$$X^2_{CALCULADO} = 0.13$$